This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06911535 4

MANUEL

DE

L'ÉLECTRICITÉ

ATMOSPHÉRIQUE.

MANUEL

DE

L'ÉLECTRICITÉ

ATMOSPHÉRIQUE,

COMPRENANT

LES INSTRUCTIONS NÉCESSAIRES POUR ÉTABLIR

les Paratonnerres et les Paragrêles,

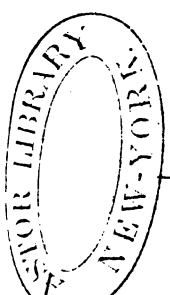
PAR JOHN MURRAY,

MEMBRE DE PLUSIEURS SOCIÉTÉS SAVANTES,

TRADUIT DE L'ANGLAIS,

et augmenté de notes tirées de meilleurs auteurs,

PAR M. ANATOLE RIFFAULT.



« La grêle frappa aussi toutes les herbes, et » brisa tous les arbres, et les tonnerres cessè- » rent, et la pluie et la grêle ne tombèrent » plus sur la terre. Exod. Ch. IX.

PARIS,

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,

RUE HAUTEFEUILLE, AU COIN DE LA RUE DU BATTOIR.

1831.

AVIS DU TRADUCTEUR.

Cet ouvrage, traduit de l'anglais du docteur Murray, a paru à Londres avec succès, sous le titre de *A Treatise on atmospherical Electricity*. (*Traité sur l'Électricité atmosphérique.*) J'ose espérer qu'il trouvera un accueil aussi favorable en France, en y paraissant sous le titre de *Manuel* dans une collection encyclopédique destinée à propager les lumières dans toutes les classes de la société.

Ce Manuel étant spécialement destiné aux agriculteurs et aux personnes qui habitent la campagne, les principes qu'il renferme y sont exposés avec la simplicité et la clarté qui peuvent en faciliter la lecture ; et l'on y trouvera de nombreux exemples à l'appui des moyens préservatifs dont on indique l'emploi.

Afin de rendre ce Manuel aussi complet que possible, j'ai jugé convenable d'ajouter à l'ou-

vrage anglais ce que de célèbres physiciens français ont écrit de plus précis sur plusieurs phénomènes météorologiques et quelques faits curieux d'histoire naturelle; c'est ainsi que j'ai cru devoir l'enrichir d'une notice très intéressante sur les gymnotes, par M. de Humboldt, de la *Théorie de la Rosée* du docteur Wells, et d'une dissertation sur la grêle, par M. Arago; enfin j'ai extrait des *Annales de Chimie et Physique* l'excellente instruction sur les paratonnerres adoptée par l'Académie des Sciences sur le rapport de M. Gay-Lussac, et à laquelle on ne saurait, d'après le vœu même de l'Académie, donner une trop grande publicité.

MANUEL

D'ÉLECTRICITÉ

ATMOSPHÉRIQUE.

CHAPITRE PREMIER.

Introduction.

L'électricité atmosphérique ouvre à nos recherches un vaste champ où l'on rencontre des questions non seulement d'un curieux intérêt, mais encore de la plus haute utilité pratique. Si l'on suit en effet les avis que nous donnons sur les paragrêles, il paraît impossible de calculer tous les avantages qui résulteront de leur adoption générale; leur efficacité ne nous semble pas même pouvoir être mise en doute, et elle se conclut naturellement des vérités qu'enseigne la science de l'électricité dont tous les phénomènes sont soumis à des lois connues et régulières. L'importance de cette découverte est, en quelque sorte, nationale, elle est

intimement liée, indépendamment de toute prévention particulière, aux intérêts des propriétaires; et qui pourrait décrire ou prévoir les conquêtes utiles que le génie de la science saura réaliser, les triomphes qu'il obtiendra? Ah! si une simple tige métallique a pu commander au ciel et soumettre la foudre à son influence, que n'est-on pas en droit d'attendre d'une armée innombrable de pointes dispersées sur toute la surface du royaume? Dans les parties de l'Amérique où les forêts ont été abattues, il n'éclaire que rarement, et presque jamais le bruit du tonnerre ne s'y fait entendre; à mesure qu'on a mis la coignée dans le tronc des arbres, les tonnerres se sont enfuis dans les bois, et les éclairs aujourd'hui n'illuminent plus que l'enfoncement des plus sombres retraites. N'est-il pas évident d'après cela que l'homme possède, dans l'emploi judicieux des agens qu'il recueille dans les champs fertiles de la science, une puissance énergique pour vaincre les obstacles formidables que lui oppose la nature. Depuis que sous les auspices de Napoléon Bonaparte on a entrepris le curage des marais Pontins, les habitans pâles et décolorés de leurs bords, épuisés par les ravages du *malaria*, ont repris le teint de la santé et quitté la triste livrée des maladies; et dans notre propre pays les fièvres intermittentes, autre-

fois si communes, ont à peine maintenant un habitant fixe et un nom. Le champ des recherches électriques est rempli de merveilles, riche en intérêt, et quoique son agent soit d'une nature subtile, les phénomènes qu'il présente n'en sont pas moins importans et précieux. L'électricité ne peut être pesée dans aucune balance, ni sa quantité estimée par une échelle d'équivalens; elle ne peut être soumise aux entraves des formules mathématiques, qui bien souvent contredisent les règles philosophiques et s'avancent au-delà de l'enceinte qui leur est assignée. Ces circonstances jointes à d'autres causes, telles que les formes variées qu'en véritable Protée elle affecte sous la main des plus habiles expérimentateurs, semblent dans beaucoup de cas avoir fatigué ses plus zélés partisans, et cette branche intéressante de nos connaissances ne compte aujourd'hui qu'un petit nombre de gens qui la cultivent avec succès; mais malgré tout cela l'importance du sujet et l'intérêt qu'il inspire ne sont nullement diminués. L'éclair peut entre nos mains se montrer sous les formes les plus variées et les plus admirables, surtout lorsqu'on l'emprunte pendant quelque temps à son trésor aérien, théâtre où il déploie toute sa grandeur et sa magnificence; les quantités sur lesquelles nous opérons sont à la vérité comparativement

petites, mais c'est encore l'éclair, et ces feux mimiques qui éclatent et qui brillent innocemment, peuvent prendre un plus grand développement, redevenir une partie intégrante des foudres brisées du ciel, et rappeler le bruit du tonnerre. De telles considérations seraient seules capables d'exciter l'intérêt, d'enflammer toutes les puissances de la curiosité, et de pousser vivement notre esprit à l'étude de ces mystérieuses merveilles. N'est-ce pas en effet un sublime et imposant spectacle que de voir la science réunissant, pour ainsi dire, les cieux avec la terre au moyen d'une tige métallique; la foudre, dans toute sa redoutable grandeur, se précipitant sur sa pointe, pour être finalement conduite tranquillement dans le sein de la terre en coruscations innocentes! Où chercher des tableaux aussi imposans! où pourra-t-on les trouver! En étudiant l'électricité nous faisons porter notre investigation sur les forces les plus énergiques et les plus mystérieuses de la nature, nous interrogeons ses lois et ses agens, et nous faisons servir à nos expériences la foudre elle-même, en lui dérobant seulement ce que notre sécurité nous prescrit de prendre; car la science sait, autour de cette puissance redoutable, tracer un cercle magique, et dans son enceinte elle la touche et l'examine avec impunité.

CHAPITRE II.

Esquisse historique.

L'histoire de l'électricité est très instructive; le développement des faits curieux et des phénomènes qu'elle embrasse n'a pas été la conquête d'un seul jour; loin de là, leur découverte a été lente et graduelle, la récompense d'un travail continu et d'une persévérance infatigable. Le tableau de son histoire nous montre que l'on peut de bonne foi attribuer la plus grande partie des faits aujourd'hui connus à ce que l'on appelle communément un hasard, ou à ces circonstances fortuites qui se présentent inopinément à nous dans le cours de nos recherches, tandis qu'il y en a comparativement très peu qui soient les fruits d'une induction longuement et péniblement calculée. Les hommes en général ne sont pas empressés d'admettre une proposition nouvelle, mais son admission pour être tardive n'en détruit nullement la vérité; l'inventeur cherche même quelquefois un faux-fuyant dans la description du fait ou la manière de poser la question. Or, comme le cercle de l'intelligence humaine ne peut ren-

fermer qu'un certain nombre des phénomènes de la nature, il serait sans doute plus honnête d'avouer franchement que l'on ignore la cause d'une circonstance nouvelle et surnaturelle, qui se présente, persuadé que des recherches ultérieures la feront sûrement connaître plus tard. La grande masse des découvertes, si on pouvait les peser à la balance de la vérité, se trouveraient sans doute dans des conditions semblables; et il en résulte pour nous cette importante leçon qu'un travail assidu et inébranlable dans le champ de l'expérience finira toujours par être couronné par la connaissance glorieuse de quelques faits inattendus et intéressans. L'électricité est une mine non encore épuisée, et ceux qui l'exploitent ont encore beaucoup à apprendre et à découvrir; et l'intérêt immédiat qui se mêle à la question est d'une haute considération dans ses caractères comme science utile. C'est l'agent subtil et mystérieux auquel sont subordonnés les phénomènes météorologiques; il préside aux assimilations silencieuses des végétaux, et étend même son influence sur les procédés chimiques et les fonctions des êtres animaux, sous le contrôle du principe vital.

Thalès de Milet, qui florissait environ six cents ans avant notre ère, découvrit le premier que l'*ambre*, après avoir été frotté, manifeste

la propriété d'attirer à lui les corps légers que l'on en approche; ηλεκτρον (êlektron) est un mot grec qui signifie *ambre*, et il dérive du verbe ηλκω (êlko) *attirer*; c'est à cause de cela que l'ambre qui possède cette propriété, et les autres corps qui peuvent en acquérir une semblable par le frottement, ont été appelés *électriques*, et que la science qui traite de l'ensemble de ces phénomènes a reçu le nom d'*électricité*. Théophraste, d'Érèse, rapporte la même particularité du *jais*, et de l'*agate;* il y ajoute même le *lyncurium*, qui est peut-être *la tourmaline* de la minéralogie moderne. Ces faits isolés, les secousses de la torpille et les étincelles que l'on tire de la fourrure des animaux dans certaines circonstances particulières, phénomènes que l'on regardait alors comme distincts, complètent tout ce que la sagesse des anciens a connu sur cette question. Leurs conséquences, aussi, étaient toujours empreintes de l'esprit de l'école dans laquelle ils avaient étudié, et n'ont à nos yeux que peu de poids et d'importance; dans l'école Ionique, par exemple, le mouvement étant regardé comme identique avec l'âme, on pensait que l'ambre devenait animé par la simple action du frottement (1). Il paraît donc que la science

(1) Les particules animées de Brown n'ont pas un fondement plus solide.

électrique doit être regardée tout-à-fait comme fille des temps modernes, et que la connaissance de ses phénomènes les plus importans et les plus curieux peut être fixée à l'année 1600, où le docteur Gilbert, dans son Traité sur l'aimant, donne un catalogue des diverses substances que le frottement rend électriques. Depuis cette époque, le flot des découvertes avance et grossit constamment, augmente en force d'une manière régulière et remarquable jusqu'à ce qu'enfin il vienne se briser devant nous en offrant à nos regards le flambeau du galvanisme, et toutes les modifications de la science électro-chimique, l'électro-magnétisme, l'électricité de la chaleur et le magnétisme de la lumière, les effets de l'électricité étant sans aucun doute une des causes de la lumière et des couleurs. L'honorable M. Boyle ajouta beaucoup à la liste donnée par Gilbert; il signala la lueur électrique que le frottement développe dans le diamant, et fit voir qu'elle était également produite par d'autres corps dans des circonstances semblables; il pensait cependant que cette lumière était un caractère distinct de l'agent lui-même.

Le docteur Wall paraît aussi avoir produit une lumière électrique en frottant de l'ambre sur la flanelle; et Otto Guerike, proconsul de Magdebourg, ayant construit un globe avec du sou-

fre, en obtint de l'électricité en le frottant avec la main pendant qu'il tournait sur son axe. M. Hawksbée, dans un ouvrage publié en 1709, décrit la propriété électrique qu'acquiert le verre frotté, la lumière et le bruit qui accompagnent le phénomène, ainsi qu'une variété d'autres effets qui s'y rapportent, tels par exemple, que les attractions et les répulsions : il paraît qu'il employait pour ses expériences un globe de verre tournant sur lui-même. M. Stephen Grey doit aussi être cité au nombre des expérimentateurs les plus assidus; il réussit, au moyen d'une corde de chanvre, à conduire la matière électrique de son balcon à une boule d'ivoire suspendue dans sa cour; mais ensuite il essaya sans succès de la diriger horizontalement, en attachant la corde de chanvre avec des ganses de fil. M. Winckler de Leipsic s'étant joint à M. Grey, proposa alors de substituer des cordons de soie à ceux de fil, dont ils pensaient que la trop grande dimension contrariait les effets; à l'aide de ce changement, ils réussirent complètement, et l'on reconnut ensuite que la cause de leur non-succès dans le premier cas et de leur réussite dans le second, devait être attribuée, non à la *dimension*, mais à la propriété *particulière* de la matière employée; et de ce simple fait résulta la distinction entre les

corps *conducteurs* et les *non conducteurs* de l'électricité. M. Grey plaça encore un vase de bois rempli d'eau sur un gâteau de résine, et lui ayant communiqué de l'électricité, il trouva que les corps légers étaient alternativement attirés et repoussés à la surface. Si cette expérience eût été poussée un peu plus avant, la découverte de l'accumulation de l'électricité eût été complète dès ce moment; elle n'eut lieu cependant qu'à une époque beaucoup plus reculée. Désagulliers proposa le premier l'adoption des termes distinctifs et caractéristiques des corps *électriques* ou *non conducteurs* et *non électriques* ou *conducteurs*, par la raison que les premiers, par l'action du frottement, possédaient la propriété de manifester les phénomènes de l'électricité mais ne pouvaient pas la transmettre au loin, tandis que les seconds, qui pouvaient au contraire la propager, étaient tout-à-fait incapables de la développer par le frottement. En l'année 1732, M. Dufay reconnut, en répétant les expériences de M. Grey, que tous les corps soit solides, soit fluides, étaient susceptibles de recevoir l'électricité par l'approche d'un tube de verre électrisé, lorsque ces corps étaient placés sur du verre ou de la cire à cacheter, et que ses supports étaient parfaitement secs. On trouve dans ses expériences que, entre autres substances,

la *glace* devient aisément électrique, que l'on peut à coup sûr employer des globes de glace pour machines électriques, et que deux morceaux frottés l'un contre l'autre développent assez de chaleur pour se fondre mutuellement. Une expérience de Dufay mérite surtout une mention particulière ; s'étant suspendu lui-même par des cordes de soie, il se fit électriser, et communiqua à l'abbé Nollet la première étincelle électrique qui ait été tirée du corps humain. C'est encore à lui qu'appartient le mérite d'avoir le premier mis en avant l'idée de l'existence de *deux* électricités distinctes et particulières auxquelles il donna les noms de *vitrée* et *résineuse*, d'après les sources d'où elles proviennent ; l'électricité vitrée étant produite par le frottement du *verre*, et l'électricité résineuse par la *résine* et les autres corps semblables. L'annonce des faits précédens engagea les physiciens à de nouvelles recherches, et le nombre de ceux qui s'y livrèrent augmenta dès lors considérablement.

Environ vers l'année 1742, M. Boze, d'Allemagne, introduisit de nouveau le globe employé par Hauksbée, et le substitua au tube qui paraît après cette période avoir été exclusivement employé aux expériences. Il suspendit aussi, à l'aide de cordons de soie, un cylindre de fer, pour servir de conducteur au

globe, tandis qu'une bande de toile attachée à l'une de ses extrémités servait à recueillir l'électricité développée par sa révolution. M. Winkler appliqua un coussin sur le globe au lieu de la main qui avait été employée jusqu'alors dans les essais ; le corps humain, communiquant avec la terre, et servant de milieu de communication est un bon conducteur. C'est à M. Gordon que nous devons la forme cylindrique de la machine électrique actuelle ; et quoique cela ne se rapporte pas immédiatement à l'époque de notre histoire dont nous nous occupons actuellement, on peut dire ici, par anticipation, que la machine électrique *plate* fut introduite par le docteur Ingenhouze.

A l'aide de cette artillerie puissante et de cet appareil perfectionné, le champ des recherches devint tout-à-coup plus brillant et plus vaste. Le docteur Watson fit connaître à cette époque une grande variété d'expériences nouvelles et curieuses, telles que l'inflammation, par l'électricité, de l'esprit de vin et d'autres substances combustibles : il électrisait à la fois quatre globes de verre ; et suivant sa propre description, l'électricité développée était si intense et si brillante, que lorsque l'on mettait un plat d'étain à la main d'une personne électrisée et que l'on faisait tenir un autre plat par une personne posée sur le plancher, il s'élançait de

l'une à l'autre des jets d'une flamme pure et brillante, d'une telle grandeur, et qui se succédaient avec une telle rapidité, que, en retirant toutes les lumières de l'appartement, on pouvait aisément y distinguer les traits des spectateurs qui étaient rangés alentour. L'année 1746 marque une ère brillante des annales de la science; c'est alors que fut faite la belle découverte de l'accumulation de l'électricité; on obtint par là une immense augmentation de puissance que l'on peut accroître presque indéfiniment par la multiplication des appareils et l'extension des surfaces. On a établi que l'on doit à M. Von Kleist l'idée de la découverte que nous allons faire connaître, et qui consiste à employer une fiole armée d'un fil métallique qui pénètre librement dans son intérieur. Il paraît que c'est en la suivant que le professeur Muschembroeck, assisté de MM. Cunœus, allemand, et Winckler, firent leurs expériences avec des bouteilles ou jarres de verre remplies d'eau, et parvinrent à accumuler les étincelles dégagées d'un conducteur; mais cette idée leur avait-elle été suggérée par l'expérience attribuée à Von Kleist, ou était-elle fondée sur quelque modification dans celle de Grey, c'est ce que l'on ne peut clairement décider. Le simple fait de l'insertion d'un fil métallique dans une bouteille de verre, sans

eau ou sans enveloppe métallique, ainsi que cela paraît avoir été le cas dans l'expérience originale de Von Kleist, n'aurait point été capable de déterminer l'accumulation de l'électricité en quantité suffisante pour produire un choc sensible ; si à la vérité le fil eût été contourné dans la bouteille en forme de spirale, et que la main eût recouvert la surface extérieure, l'effet aurait bien pu alors être en partie obtenu. Pendant le cours des essais importans de Muschembroeck et de ses amis, il arriva que Cunœus de Leyde tenant par hasard dans une de ses mains une bouteille de verre remplie d'eau qu'il avait suspendue au conducteur de la machine électrique, tandis que de son autre main il touchait le fil métallique servant de point d'attache, ressentit tout-à-coup pour la première fois cette sensation nouvelle et non encore décrite, que l'on a appelée *le choc électrique* et qui dans ce cas était une conséquence de la communication établie entre les surfaces extérieures et intérieures de la bouteille par le corps même de l'observateur. Depuis cette époque le vase destiné à cette expérience a reçu le nom *bouteille de Leyde* à cause du lieu de cette découverte dont M. Cuneeus est le véritable auteur.

En consultant les annales de la science, on trouve plusieurs relations exagérées et roman-

tiques des effets que produisit le choc électrique sur les individus qui eurent d'abord le courage de s'y exposer. Quoique l'on puisse aisément admettre que dans l'enfance d'une découverte si importante, les esprits timides aient pu être vivement frappés, que les craintes et les alarmes aient produit non seulement des maux imaginaires, mais quelques véritables souffrances physiques soumises néanmoins, comme tout le système de notre corps, à une fièvre de l'esprit; cependant la plupart des faits rapportés sont un peu exagérés et ne doivent à coup sûr être accueillis qu'avec ménagement et *cum grano salis*. Le professeur Winckler, ayant reçu le choc électrique, nous apprend qu'il lui donna des convulsions violentes, qu'il fut saisi d'une fièvre ardente, affecté d'une forte hémorragie nasale, et obligé de recourir aux remèdes rafraîchissans; malgré ces effets, madame Winkler elle-même eut le courage de se soumettre à l'expérience, dont il résulta pour elle une grande difficulté à marcher, et, par sympathie conjugale sans doute, un saignement au nez considérable. Muschembroeck, ayant reçu la commotion d'une jarre de verre bien mince, déclara qu'il ne voudrait pas en recevoir une seconde pour le royaume de France; il faut avouer cependant que l'illustre professeur paraît avoir eu

plus de peur que de mal. Boze, dont nous avons déjà parlé, exprima le désir de *mourir* par un choc électrique, afin que son nom pût passer à l'immortalité dans les annales de l'Académie des Sciences ; ce n'était qu'une bravade digne de pitié, quoi qu'en ait pu dire le docteur Priestley, qui se plaisait à la qualifier de, « un véritable enthousiasme héroïque, » digne d'un nouvel Empédocle, » dont les cyclopes de l'Etna rejetèrent les sandales, les trouvant indigestes, et pour servir de recette contre le suicide : la peur de Muschembroeck est assurément amusante, et le courage affecté de Boze est une forfanterie. Nul doute que le pouvoir de l'excitation électrique sur un individu faible ou dans quelque idiosyncrasie de sa constitution, ne puisse être extrêmement pernicieux, et ne laisse des traces ineffaçables de son action ; mais nous pensons aussi que l'effet dépend, en grande partie, de la manière dont le fluide est administré et de l'état de la partie du corps soumise à son influence. M. Singer nous apprend qu'ayant reçu accidentellement sur la tête la décharge d'une batterie électrique puissante, la sensation qu'il éprouva fut celle d'un coup très violent par tout le corps, suivi de la perte momentanée de la mémoire et de l'affaiblissement de la vue ; et M. Morgan, dans les *lectures*,

dit que si l'on fait communiquer le *diaphragme* avec le circuit d'une batterie de deux pieds de surface, les poumons font un effort violent, qui est suivi d'un cri de joie sourd et involontaire ; mais que lorsque la charge est faible, elle ne manque jamais de produire un grand éclat de rire, et que les pouvoirs *comiques* de l'électricité sont tout-à-fait irrésistibles; tandis que d'un autre côté, une forte décharge appliquée au *septum* est communément suivie des symptômes tragiques tels que les soupirs, les larmes et même l'évanouissement (1). Vers l'année 1747, le docteur Bevis ayant recouvert avec une feuille d'étain les deux faces opposées d'un carreau de vitre, ce fut l'origine de ce que l'on a nommé depuis le *tableau magique*, avec lequel il avait l'habitude de surprendre par la commotion qu'il produit. Après cette époque le docteur Watson recouvrit également de feuilles d'argent la surface d'une grande jarre de verre, et l'intensité de l'électricité accumulée par ces moyens fut telle, que sa décharge fon-

(1) Quoique nous ne soyons pas partisans de toutes les folies du magnétisme animal, ou des fraudes criminelles du mesmérisme, c'est un fait digne de remarque, que, si l'électricité médicale est suffisamment ménagée, *une transmission partielle de la maladie du patient peut être opérée*, et l'on nous a assuré que *cela avait eu lieu* plus d'une fois dans la pratique de l'électricité médicale.

dit instantanément des fils métallique et donna la mort à de petits oiseaux et à des poissons. Les physiciens français firent aussi plusieurs expériences intéressantes sur une grande échelle; dans l'une d'elles on fit parcourir à l'étincelle électrique un fil métallique ayant environ deux milles et demi de longueur, et l'on reconnut que, dès que l'on cessait d'électriser l'un des bouts, l'autre bout à la distance de 1319 pieds cessait instantanément de manifester aucun signe d'électricité. L'abbé Nollet, dans une expérience faite devant le roi de France, donna la commotion électrique à cent quatre-vingts gardes-françaises qui se tenaient par la main; et dans une autre épreuve il la fit passer à travers des moines chartreux, séparés l'un de l'autre par des fils métalliques, et formant une chaîne d'environ un mille de long. Le 14 août 1747, le docteur Watson fit sur Shooter's Hill un essai où il démontra que la matière électrique ne mettait aucun temps appréciable à traverser un espace de quatre milles anglais. Les observateurs étaient munis de montres très sensibles, afin de noter le moment où ils ressentiraient le choc, mais il fut aussi instantané que la décharge. Cette immense vitesse de transmission de l'électricité avait suggéré, je crois, à M. Ronalds l'idée d'en faire l'application au télégraphe,

mais des essais récens faits à ce sujet par le professeur Barlow ont rendu son utilité douteuse. Les physiciens qui connaissent à fond tous les phénomènes de l'électricité prévoient aisément que l'on peut rencontrer dans la nature plusieurs obstacles qui s'opposent à la libre transmission de la décharge électrique; mais aux yeux de l'écrivain il semble qu'avec un fil métallique (d'argent, par exemple, comme étant très bon conducteur), renfermé dans un autre qui lui servirait d'enveloppe et serait lui-même recouvert de gomme laque (isoloir parfait), la décharge pourrait sans difficulté être transmise avec la rapidité de l'éclair, à un point très éloigné, et devenir par là un moyen de communication des plus prompts. Le nombre des chocs consécutifs remplacerait les signaux du télégraphe; on pourrait même faire plonger les extrémités du fil conducteur dans des vases pleins d'eau, qui concentreraient l'électricité, et la rendraient capable d'enflammer de petites quantités de poudre, dont les explosions successives serviraient d'indicateurs. On n'aurait besoin que de tourner la manivelle de la machine électrique appliquée à l'un des bouts du circuit, ou de la mettre en mouvement par une machine; une bouteille de Leyde serait en contact immédiat avec le conducteur, et un électromètre isolé, fixé au plateau

en opérerait la décharge à des intervalles réguliers. On peut encore employer l'électricité d'une manière élégante pour allumer les jets de gaz servant à l'éclairage des rues : un robinet commun donnerait à la fois issue au gaz par tous les orifices ; une étincelle électrique, d'après le principe de la lampe à air inflammable de Volta, allumerait instantanément tous les jets, et la ville de Londres se trouverait ainsi illuminée avec la rapidité de l'éclair.

Le docteur Franklin, par une suite de déductions d'analogie les plus sévères, fut porté à regarder l'électricité comme identique avec la foudre, et c'est là la seule proposition véritablement inductive que nous trouvions dans toute l'histoire de la science ; cette opinion fut bientôt répandue dans tout le monde, ainsi que les raisonnemens solides sur lesquels elle était fondée. Le 10 mai 1752, Dalibard, le Lord, Mazeas, Buffon et Monnier, firent des épreuves pour la confirmer : ayant dressé dans le jardin de Marly une barre de fer de quarante pieds de longueur, elle devint électrisée par le passage d'un nuage orageux qui eut lieu au-dessus d'elle ; l'on put y charger des bouteilles et produire divers phénomènes électriques. Il était réservé cependant au docteur Franklin, indépendamment de ce résultat, de vérifier par lui-même ses précieuses inductions. Pensant

qu'un nuage orageux abandonnerait son électricité aux conducteurs terminés par des pointes, il avait déjà sollicité depuis long-temps l'érection d'une pyramide à Philadelphie; cependant à cette époque il imagina qu'un cerf-volant ordinaire pourrait lui fournir un moyen facile pour communiquer avec les nuages. Au mois de juin 1752, il lança dans l'air un cerf-volant, ayant un fil d'archal très pointu fixé à son sommet; au bout de la corde de chanvre, près de la main, était noué un cordon de soie, et une clef était attachée à l'endroit où la soie et la ficelle se joignent. Franklin pensait que par cette disposition il faciliterait l'accumula- du fluide dans la clef, en l'isolant au moyen d'une corde de soie. D'après le détail qu'il a donné lui-même de son expérience, il se passa un temps considérable avant que la corde du cerf-volant eût donné des marques d'électricité; et cependant un nuage qui paraissait devoir en fournir était passé dans son voisinage. Son espérance commençait à s'évanouir, lorsqu'il remarqua que les filandres lâches de la ficelle se dressaient en dehors de tous côtés; à cet indice il présenta la jointure de son doigt à la clef, et sa découverte se trouva confirmée dans toute sa beauté; dès que la corde eut été mouillée par la pluie qui vint à tomber, les étincelles devinrent nombreuses; on put charger des bou-

teilles, et répéter avec la clef les expériences que l'on faisait ordinairement avec la machine électrique. On dit qu'au moment où l'étincelle électrique s'élança de la clef, Franklin ne put retenir un cri de satisfaction; on conçoit bien en effet les sentimens qu'il dut éprouver, mais il serait impossible de les décrire. Le langage est trop faible pour rendre l'agitation de l'esprit lorsque le *eureka* vibre sur les lèvres de l'inventeur, et qu'il voit surtout que sa découverte a des relations d'un ordre si élevé avec l'économie de la vie. La grande importance pratique dans ce cas consistait à établir des paratonnerres sur les maisons, et à les préserver de la fureur des orages : le docteur, au moyen d'un conducteur terminé en pointe, fit descendre la foudre dans sa maison, et un battant placé entre deux cloches avertissait notre physicien que son appareil était chargé du feu du ciel. Franklin, par son audacieux essai, s'est élevé au-dessus de tous ses rivaux; c'est Prométhée qui, au sommet de l'Elborus, au milieu des montagnes couvertes de neige du Caucase, dérobe le feu céleste; et on a pu dire à juste titre : *Eripuit cœlo fulmen.*

M. de Romas entrelaça un fil de fer dans la corde de chanvre qui retenait le cerf-volant dont il fit usage, et qui avait sept pieds et demi de longueur et trois de largeur; ce fil servait

à rendre la corde un conducteur parfait, et les petits fils métalliques sont très propres à cet usage. J'ai moi-même souvent obtenu de cette manière par un temps sec, dans une saison quelconque et à toute heure du jour, autant d'électricité que la prudence me permettait d'en recueillir, et j'ai toujours préféré, pour lieu de l'expérience, un point culminant dans une campagne découverte. Il y a du danger à élever le cerf-volant pendant un orage, et dans les circonstances ordinaires on peut toujours obtenir de l'atmosphère une quantité d'électricité suffisante pour les essais sans s'exposer à un péril inutile. Le 7 juin 1753, à une heure après-midi, le cerf-volant de M. Romas se trouvant élevé à cinq cents pieds de terre au moyen d'une corde de sept cent quatre-vingts pieds de long, qui faisait un angle de près de 45° avec l'horizon, il tira de son conducteur des étincelles d'un quart de pouce d'épaisseur et de trois pouces de longueur, dont le craquement se fit entendre à deux cents pas de distance. Le 16 août 1756, les courans de feu électrique dégagé étaient véritablement imposans; les étincelles avaient un pouce d'épaisseur et dix pieds de longueur, leur détonation était semblable à un coup de pistolet, et cependant on pouvait aisément diriger le fluide dans la terre au moyen d'un conducteur placé près de la corde; mais les

expériences d'un genre aussi redoutable sont trop dangereuses pour être répétées. — En résumé nous voyons que les principales époques de l'histoire de l'électricité sont : 1° La découverte de l'agent lui-même ; 2° les phénomènes de l'attraction ; 3° distinction des corps électriques et non électriques ; 4° accumulation de l'électricité ; 5° identité de l'électricité avec la foudre ; et 6° application pratique aux paratonnerres.

CHAPITRE III.

Phénomènes météorologiques dépendans de l'électricité atmosphérique. — Divers états électriques de l'atmosphère. — Électroscopes aériens.

Nous regardons proprement tout l'ensemble des phénomènes météorologiques comme étant lié avec les principes électriques ou modifié par eux. La rosée qui baigne le verdoyant tapis de la terre et se joue en mille arcs-en-ciel magiques à travers les rayons de l'aurore, le changement de forme des nuages qui passent du *cirrus* au *nimbus*, ce *nimbus*, chargé d'éclairs et de tempêtes, inondant la plaine ou la couvrant de grêle et de fragmens de glace; les météores qui s'élancent et sillonnent le ciel, qui traversent l'espace en traînées lumineuses, ou s'étendent comme un rideau dans les airs en l'embrasant d'un torrent de lumière, et même encore ces singulières projections atmosphériques appelées aérolithes; tous ces phénomènes, pensons-nous, ne sont que des créations de l'électricité, ou l'électricité elle-même. Les expériences du signor

Beccaria, continuées avec une rare persévérance pendant cinquante ans, nous portent à conclure que l'air est presque constamment électrique, que son électricité est ordinairement positive, et en rapport avec la quantité de vapeur qu'il contient; et d'un autre côté, il est probable, suivant M. Daniell, que l'élasticité de la vapeur elle-même augmente à mesure qu'on l'électrise. Le passage des nuages au-dessus de l'électroscope l'affecte presque toujours, et cet effet est également produit par un courant d'air arrivant du point où ils se forment, ou de celui où la pluie tombe. Mais aussi, il paraîtrait que l'on observe peu souvent dans l'air l'électricité négative, et qu'elle ne se manifeste que dans des circonstances rares et accidentelles; par un temps nuageux on n'obtient que des traces d'électricité positive, qui bientôt passe à la négative lorsque la pluie vient à tomber et retourne ensuite à son premier état positif lorsque la pluie a cessé; l'électricité positive est plus faible dans l'atmosphère durant l'été, tandis qu'elle est à sa plus grande intensité pendant l'hiver: la quantité habituelle d'électricité positive est aussi à son minimum pendant la nuit; elle augmente au lever du soleil, décroît vers le milieu du jour, augmente à son déclin, diminue de nouveau, et reste enfin à une faible

tension pendant la durée de la nuit. Tous ces faits semblent prouver que l'électricité de l'atmosphère est soumise aux mêmes causes qui déterminent l'égale distribution de l'humidité. On a constaté que, dans un temps clair, l'électricité est douée du caractère positif, mais qu'il est aussitôt troublé par les courans d'air ou l'approche des nuages, surtout lorsqu'ils restent suspendus auprès de l'appareil collecteur ; et ceci a été particulièrement remarqué dans le voisinage des Apennins et des autres chaînes de montagnes. Lorsqu'il pleut ou qu'il grêle, on trouve que l'air est électrisé négativement, et pendant un orage les oscillations du positif au négatif et *vice versâ* sont extrêmement rapides. Les questions qui se lient à l'état électrique de l'atmosphère sont d'un très grand intérêt. Nous sommes portés à soupçonner que c'est dans l'action, sur l'économie animale, des divers changemens électriques, déterminés par l'humidité de l'air, que l'on trouvera la véritable explication des effets du *malaria* ; ils sont modifiés, sans aucun doute, par les effluves morbides qui s'exhalent des mares stagnantes tenant en dissolution des matières végétales et animales à moitié décomposées ; d'un autre côté, les lignes de démarcation du typhus et des fièvres intermittentes, souvent indépendantes l'une et l'autre de

l'humidité locale, peuvent bien aussi avoir une relation électrique avec les couches rocheuses des lieux où on les observe.

Nous n'avons point fait d'expériences électriques dans les contrées marécageuses durant l'automne; mais à Orbitello et dans les marais Pontins d'Italie, notre électroscope indiquait que l'électricité dominante était négative; et, ce qui est digne d'une remarque particulière, l'air des appartemens, vicié par la respiration, est constamment imprégné d'électricité de ce signe. Si une série d'expériences, faites avec soin, et continuées avec persévérance, démontrait que l'espèce de l'électricité de l'atmosphère est intimement liée avec les changemens morbifiques des localités si malheureusement dotées, quelques modifications dans les paragrêles que nous allons décrire tout à l'heure pourraient sans aucun doute amener dans le climat une révolution avantageuse.

Les *électroscopes* aériens sont des instrumens qui servent à déterminer la nature et la quantité de l'électricité contenue dans l'air; ils ne diffèrent des autres électromètres (car le principe est le même) qu'en ce qu'ils ont des enveloppes qui rendent l'isolement plus complet, et que sur leur sommet sont placées de petites pointes. Il y a plusieurs espèces d'électroscopes,

ceux de Volta, de Deluc, de Ronald, de Kinnersley et d'autres: celui que M. Ronald employa pour déterminer l'espèce d'électricité sur le Vésuve était composé de deux pailles, à la manière de Volta, au lieu de balles de sureau ou de feuilles d'or, et il était armé d'une tige de quatorze pieds de longueur. L'électrocospe de M. Kinnersley consiste en un ballon de verre hémisphérique d'environ deux pouces de diamètre; de petites bandes étroites de feuilles d'étain sont attachées sur les faces opposées; dans l'intérieur de l'instrument et à son sommet sont suspendues par des fils deux petites balles de moelle de sureau. Les balles sont placées parallèlement aux bandes d'étain, et un dôme de cuivre jaune, élevé d'environ un demi-pouce sur la tige qui traverse le sommet de l'électroscope et à laquelle sont fixées les balles de sureau, sert à augmenter l'isolement en mettant l'instrument à l'abri de la pluie; enfin, une tige de laiton de plusieurs pieds de longueur, terminée en pointe déliée, complète cet appareil; mais ayant trouvé que la belle modification du double isoloir que Singer a apportée dans l'électromètre à feuille d'or de Bennet, l'a rendu extrêmement sensible et délicat, nous proposerons de l'approprier à l'électroscope atmosphérique. A cet effet, on ferait pénétrer dans le tube de verre iso-

lé, déjà employé, un second tube de verre d'un petit diamètre, traversé par un fil de cuivre se terminant au-dessus en une tige de laiton alongée et terminée en pointe, et attachée par-dessous avec les deux bandes de feuilles d'or. L'instrument serait en outre garanti par un chapiteau ou dôme. De cette manière, l'isolement des feuilles d'or serait augmenté et rendu encore plus sensible; et si, au lieu d'un seul cylindre de verre, on employait deux cylyndres concentriques, l'instrument jouirait encore d'une plus grande précision. Le seul appareil qui soit ensuite nécessaire pour reconnaître l'espèce d'électricité manifestée, est un simple bâton de *cire à cacheter*. Lorsque, par l'effet des circonstances dans lesquelles l'instrument a été placé, les balles de sureau ou les feuilles d'or viennent à s'écarter ou à diverger, tout ce qu'il s'agit de faire consiste à frotter doucement le bâton de cire sur un morceau de flanelle, ou même sur la manche de son habit, et à l'approcher peu à peu de l'instrument. Si les balles de sureau ou les feuilles d'or se *rapprochent* ou se collent l'une contre l'autre, l'électricité est *positive;* si au contraire elles *s'écartent davantage*, l'électricité est *négative*.

CHAPITRE IV.

Chaleur et humidité; leur rapport avec l'électricité aérienne. — Colonne électrique de Deluc. — Son application à la chronométrie. — Carillon électrique de Canton.

D'après une loi connue de l'équilibre des fluides, l'air échauffé s'élève, est remplacé par de l'air froid, plus dense, et il s'établit ainsi des courans dans la direction de la source de la chaleur et du milieu raréfié. Dans la nature, l'air chaud des régions tropicales gagne les parties supérieures de l'atmosphère, et l'air plus froid des pôles arctique et antarctique se porte vers l'équateur, tendant ainsi à rendre égale la température de la terre; cependant des causes perturbatrices, dues aux accidens des terrains, viennent troubler cette répartition uniforme, et dès qu'il y a dans un lieu une distribution inégale de chaleur, il s'y développe en même temps une excitation électrique. La température supérieure des régions équatoriales est due à l'action directe et verticale des rayons du soleil, tandis que les autres par-

ties de la surface de la terre reçoivent ces rayons plus ou moins obliquement et que leur force se trouve diminuée en raison de leur obliquité. Le changement de volume des corps est aussi une source de chaleur et de froid. Lorsque l'air est dilaté, sa capacité pour la chaleur diminue, tandis qu'il en dégage lorsque sa densité augmente : car même pendant la formation de la rosée il se développe de la chaleur ; le froid précède le phénomène ; et lorsque l'eau passe à l'état de glace, il se manifeste aussi de la chaleur, le procédé du refroidissement n'étant qu'une circonstance indépendante et préparatoire. Pareillement aussi, lorsque la vapeur élastique se condense sous forme de nuage, une élévation de température est une conséquence naturelle et nécessaire de cette condensation ; et plus le nuage a de densité, plus la température dégagée au moment de sa formation est élevée. Telles sont quelques unes des sources de la chaleur ; mais la plus abondante est celle qui arrive à nous pendant le jour sous forme de lumière ; la quantité qu'elle nous envoie continuellement se trouve compensée et équilibrée par celle qui rayonne de la terre vers le ciel pendant les nuits claires et sereines. Les nuages, par leur interposition, diminuent ce rayonnement, et préviennent les conséquences qui

résulteraient d'une action trop libre et non restreinte. Par le procédé de l'évaporation il s'élève constamment dans l'atmosphère de la vapeur aqueuse ; et lorsqu'un changement de densité arrive dans le milieu, il y a nécessairement précipitation d'eau, effet qui peut également être produit par un abaissement de température : l'humidité répandue dans l'air servira alors de conducteur à l'électricité atmosphérique qu'elle dispersera ou entraînera au loin. On voit donc ainsi le développement de la chaleur tendre à augmenter l'état électrique de l'air, et l'humidité favoriser sa déperdition. Les amas de vapeur, appelés *nuages*, sont toujours électriques, et l'on peut en effet les considérer comme composés de particules de vapeurs réunies par l'électricité. Les pluies d'orages de l'été sont effectivement souvent imprégnées d'une forte dose d'électricité positive. Les expériences de M. Bennet et de plusieurs autres physiciens démontrent clairement que dans l'évaporation et les autres procédés naturels ayant rapport aux changemens hydrométriques, il se produit une surcharge d'électricité ; et dans le fait tous les phénomènes et mouvemens atmosphériques quelconques sont intimement liés avec l'action électrique. Les changemens qui s'opèrent dans les régions supérieures et

dont les produits se précipitent sur la terre, sont tous ou déterminés ou modifiés par la diffusion de la chaleur et de l'humidité dans l'atmosphère.

La colonne électrique de M. Deluc est composée de disques circulaires de feuilles d'argent et de zinc formant des groupes binaires; ils sont enfermés dans un tube de verre terminé à chaque extrémité par une vis qui sert à les comprimer; lorsque ce tube est suspendu horizontalement et que l'on vient à mettre ses extrémités métalliques en contact avec des électroscopes à feuilles d'or, celles-ci divergent aussitôt, et l'on reconnaît que l'électroscope en contact avec l'extrémité argent de la colonne est chargé d'électricité négative, tandis que l'extrémité zinc est électrisée positivement. Lorsque deux colonnes semblables, communiquant entre elles par une tige métallique fixée à leur sommet, sont placées verticalement sur des cloches isolées, on peut produire un carillon continu en attachant à cet appareil une petite boule métallique : on suspend la boule par un fil de soie à la tige qui réunit les sommets; le circuit électrique s'établissant alors entre les deux clochettes, on obtient un carillon non interrompu, que l'on a vu quelque fois persister pendant plusieurs années consécutives. L'air atmosphérique seul est

nécessaire au mouvement ; mais les oscillations sont irrégulières et influencées par les variations d'humidité, de température et de densité de l'atmosphère. En 1803 MM. Desormes et Hachette tentèrent les premiers de construire une colonne électrique sèche, mais il paraît qu'ils n'obtinrent aucun succès, et ce ne fut qu'en 1809 que M. Deluc parvint à un résultat satisfaisant. Cette même année M. Zamboni fit connaître l'appareil qui porte son nom, par le moyen duquel il chercha à obtenir le *mouvement perpétuel*. Cet appareil est composé de deux colonnes électriques formées de disques de papier doré saupoudré d'oxide de manganèse ; elles sont placées verticalement, à une distance d'environ six pouces l'une de l'autre ; chacune est terminée par une boule de cuivre, et entre elles est une petite aiguille d'acier mobile autour d'un axe. Le bras le plus long de ce levier étant alternativement attiré et repoussé par chacune des boules, il oscille ainsi indéfiniment entre elles. Le docteur Schübler, de Hofwyl, a démontré que ces mouvemens ne sont point en rapport avec l'état électrique de l'atmosphère, mais que la cause de l'excitation réside dans les piles mêmes ; et d'un autre côté Heinrich, Singer et Grinder ont fait voir d'une manière incontestable que les oscillations sont irrégulières, iné-

gales et soumises aux variations de température et d'humidité. Cette élégante machine a même été employée en Angleterre et en Allemagne pour servir à mesurer le temps, comme principal mouvement d'horloge. M. Ronald, de Londres, en a aussi fait une application semblable ; mais l'inégalité des oscillations rend cette sorte de chronométrie sujette à variations. M. Canton, dans quelques expériences sur l'électricité, a employé d'une manière ingénieuse trois petites clochettes pour faire connaître l'instant où le conducteur de la machine est électrisé : un dôme métallique est attaché à la tige pour conserver l'isolement. L'on fait très souvent usage de cet appareil dans les expériences ; il consiste en une barre métallique, que l'on met, au moyen d'un crochet, en communication avec le conducteur d'une machine électrique ; à cette barre sont suspendues trois petites clochettes, les deux extrêmes par une chaîne métallique et celle du milieu par un cordon de soie ; au centre de cette dernière est placée une chaîne de métal communiquant avec le sol ; et des deux côtés de celle-ci, entre chaque clochette, est suspendue une petite boule de métal attachée par un fil de soie. Ces petites boules oscillent incessamment entre chaque clochette extrême et celle du centre, apportant à celles-ci l'élec-

tricité qui est descendue par la chaîne métallique dans les clochettes extrêmes et que la chaîne attachée à celle du centre sert à la conduire finalement dans le réservoir commun. Je me souviens d'avoir vu un de ces carillons électrique attaché à la tige d'un paratonnerre au-dessus d'une des portes de Zug, chef lieu du canton de ce nom, et un autre dans un jardin sur la route de Zurich à Bâle. On pourrait aussi en fixer aux tiges des paragrêles dans les jardins d'agrément, ce serait une addition curieuse et intéressante; ils avertiraient en outre par leur bruit de l'état électrique de l'atmosphère ou de l'approche d'un nuage orageux.

CHAPITRE V.

Identité de la foudre avec l'électricité. — Phénomènes météoriques. — Bolides. — Feu St.-Elme. — Aurore boréale. — Pierres météoriques. — Électricité des volcans.

Aucun fait n'est démontré d'une manière plus incontestable que celui de l'identité de la foudre avec l'électricité; lorsque l'on décharge une batterie électrique, l'étincelle et le bruit qui se produisent ont une analogie frappante avec l'éclair et le tonnerre. Nous avons déjà rapporté les expériences du docteur Franklin dans les jardins de Marly, et la démonstration de ce fait sera portée jusqu'à l'évidence si l'on remarque qu'il n'est aucune expérience de la machine électrique que l'on ne puisse répéter au moyen du cerf-volant. Lorsqu'on se livre à des essais sur l'électricité atmosphérique, il faut, comme nous en avons déjà prévenu, prendre beaucoup de précautions, surtout pendant les temps d'orage; et si approchant de la corde isolée du cerf-volant on sent sur la figure une espèce de toile d'araignée, on fera prudemment

d'abandonner aussitôt l'instrument. Le professeur Richman, de Saint-Pétersbourg, périt victime d'une expérience de cette nature pour avoir introduit sans précaution dans son cabinet l'électricité accumulée sur un cerf-volant. Il avait élevé, au-dessus de sa maison, un conducteur, et disposé un appareil considérable dans le but de rassembler l'électricité des nuages; le 6 août 1753, pendant un orage, lui et un de ses amis, M. Sokalow, graveur de l'académie royale, se tenaient devant l'appareil; le professeur, à ce qu'il paraît, s'en étant approché trop près, une forte étincelle élancée du conducteur le renversa sans vie aux pieds de son ami. M. Sokalow a rapporté que l'explosion qui accompagna cette terrible catastrophe fut extrêmement forte, et que la masse de matière électrique condensée qui frappa le professeur Richman à plus d'un pied de distance paraissait avoir plusieurs pouces de diamètre; le conducteur métallique fut mis en pièces, et les fragmens épars laissèrent leurs empreintes distinctes sur les habits de M. Sokalow. L'infortuné Richman, au moment de l'évènement, avait dans sa poche soixante roubles d'argent qui ne furent point endommagés; mais une horloge qui était près de lui s'arrêta, la porte de la chambre fut mise en pièces et les cendres du foyer dispersées.

On regarde comme phénomènes électriques la plupart des météores lumineux qui se montrent dans le ciel, tels que les *bolides* ou globes de feu, les étoiles tombantes, les lumières phosphoriques qui voltigent au sommet des mâts des vaisseaux en mer, l'aurore boréale, et d'autres apparences semblables. On a pensé que les *bolides* ou globes de feu étaient dus à une matière solide en ignition, qui venait à s'éteindre en traversant les couches inférieures et humides de l'atmosphère; lorsqu'on fait passer, en effet, une forte décharge électrique à travers un récipient dans lequel on a opéré le vide, elle prend une direction inclinée et l'éclat d'une étoile qui file. Les étoiles tombantes ne se montrent, comme on sait, que lorsque l'air est le plus chargé d'électricité; elles sont surtout nombreuses par un temps de gelée clair, lorsqu'il souffle un vent d'est sec, et que le ciel est brillant de l'éclat des astres; elles se montrent encore dans les intervalles des ondées d'orages et dans ces soirées de l'été où l'on n'aperçoit que quelques nuages rares aux contours bien arrêtés, s'avançant avec lenteur sur le fond azuré du ciel. Quelquefois ces météores sont doués d'une belle lumière colorée; et leurs scintillations sont très vives; l'on a observé toutes les couleurs du prisme dans les éclats qui s'échappaient

du grand météore de 1783, et la lumière qu'il répandait fit paraître à Bruxelles la lune entièrement rouge. Pendant les orages accompagnés de tonnerre, on voit souvent se précipiter des globes de feu, auxquels on doit supposer la même origine. D'après les observations du professeur Brandes, de Breslaw, les étoiles tombantes se meuvent dans toutes les directions par rapport à la verticale; le nombre de celles qui s'approchent de la terre est plus grand néanmoins que celui des étoiles qui paraissent s'en éloigner, et quoique ces dernières aient incontestablement une vitesse propre et réelle, il est certain cependant qu'une grande partie de celle qu'on leur attribue n'est qu'apparente et due principalement au mouvement de la terre. Ali Bey donne la description suivante d'un beau météore dont il fut témoin auprès de Bethléhem : « Je vis paraître, sous la forme d'une étoile deux ou trois fois plus grosse et plus brillante que Jupiter ou Vénus dans leur plus grand éclat, un météore qui déploya dans l'orient une belle queue paraissant avoir environ deux pieds de longueur; il s'avança vers l'orient en la faisant élégamment ondoyer dans une direction horizontale, à une hauteur d'environ 30°, ou à peu près celle du soleil et de la lune. La queue, qui bientôt après se partagea en plusieurs rayons, réunissait toutes

les couleurs de l'arc-en-ciel dans sa plus grande beauté (1). » *Les étoiles tombantes* se voient en général pendant la nuit ; nous avons cependant au moins un fait bien authentique d'une étoile qui a été aperçue par Hansten en plein midi : le 13 août 1823, à onze heures un quart, ce météore apparut dans le champ de son télescope qu'il mit environ une seconde à traverser ; il ressemblait beaucoup, par son mouvement inégal et sinueux, à une fusée volante.

Il y a beaucoup d'incertitude sur la cause de ces phénomènes météoriques : il n'est pas douteux cependant qu'ils ont une source électrique, mais quelques phycisiens pensent qu'elle est située au-delà des limites de notre atmosphère, quoique aucune preuve décisive ne vienne à l'appui d'une hypothèse si extraordinaire. On a supposé que beaucoup d'autres effets de ce genre et d'une apparence électrique, tels que les flammes légères que l'on voit voltiger au-dessus des eaux stagnantes, et que l'on appelle *feux follets*, étaient dus à l'*hydrogène phosphoré ;* ils ont à notre avis une cause tout-à-fait différente des premiers, mais leur existence, nous le pensons, ne dépend aussi

(1) *Travels of Ali Bey*, 2 vol. in-4°. London 1816, Tome I, page 231.

que de l'électricité (1). Les flammes légères que l'on remarque souvent en mer à l'extrémité des mâts, et que l'on nomme *Castor et Pollux*, *feu Saint-Elme*, *Sainte-Barbe*, etc., sont de même nature que ces légères lumières électriques qui,

(1) Pendant le mois de juillet dernier, j'ai eu le plaisir d'être témoin de ce curieux phénomène, en traversant en poste pour aller à Londres, les terres marécageuses entre Hertford et Stevenage. La journée avait été pesante et chaude, et vers le soir un bandeau de vapeur se répandit sur le marais; à droite deux *feux follets* s'élevèrent soudain, à une certaine distance de la route; leur apparence était celle d'un corps en ignition, à noyau solide, et répandant des rayons brillans tout autour de lui. Ils semblaient placés, autant qu'il était possible d'en juger, au milieu des joncs; pendant un moment il se fit dans la flamme un mouvement de tressaillement, ayant quelque ressemblance avec le vol d'un insecte qui s'élève, mais cela ne fut pas de durée; le phénomène continua ainsi pendant plusieurs minutes, et les deux flammes s'éteignirent d'elles-mêmes, l'une après l'autre. Il me semblait difficile de rapporter à l'électricité les apparences qui accompagnaient ce phénomène; et elles me paraissaient se rapprocher davantage de celles produites par des insectes lumineux. Si comme le conjecture M. Shepherd, certains insectes de la tribu des *grillus gryllotalpa*, ou criquets, ont le pouvoir de développer la lumière dans certains circonstances particulières, ce phénomène pourrait venir à l'appui de son opinion. Nous avons aussi vu une flamme glisser sur la surface d'une mare stagnante, et nous pensons que dans ce cas cet effet est tout-à-fait distinct de l'autre, et dû à une cause différente.

dans les nuits orageuses, apparaissent aux crinières des chevaux, aux pointes des parapluies et autour même des bords de nos chapeaux. Le baron de Humbolt décrit ainsi ce phénomène : « En observant les mâts du navire, on remarquait que le grand perroquet, depuis la pomme de girouette jusqu'à trois pieds environ au-dessous, était entièrement enveloppé d'une flamme pâle et d'apparence phosphorescente qui embrassait complètement la circonférence du mât, et était accompagnée d'un mouvement d'oscillation ou de reptation, comme cela a lieu lorsque l'on applique du phosphore ordinaire sur une planche; les mâts de misaine et de petit perroquet présentaient le même phénomène dans un moindre degré. Cette illumination curieuse se maintint sans diminuer d'intensité pendant huit ou dix minutes; elle commença alors à devenir graduellement plus faible et moins étendue, et finit par disparaître totalement après avoir duré une demi-heure. » On a vu souvent des étoiles ou des lueurs électriques se fixer au sommet des tiges des paratonnerres; on doit encore regarder comme feux électriques ceux que l'on a aperçus sur les sommets élevés des chaînes de l'Hymalaïa et des Cordillères des Andes; et nous regardons encore comme étant de même nature ces taches lumineuses que l'on a quelquefois observées

dans l'air près de l'horizon, et qui souvent brillent d'un si vif éclat dans la province de l'Ohio, aux États-Unis d'Amérique.

Suivant le docteur Franklin, les coruscations de l'aurore boréale seraient produites par les décharges continues, mais très lentes, de l'électricité qui environne la partie de l'air correspondante aux pôles ; il nous paraît plus vraisemblable de les considérer comme un phénomène électro-magnétique, et les découvertes récemment faites dans cette branche intéressante de la science semblent donner du poids à notre supposition. On peut, en effet, comparer l'aurore boréale à un rideau électrique, qui s'étend sur le ciel dans les latitudes polaires, et qui est soumis à la polarité magnétique de ces régions. Lorsqu'un courant d'électricité traverse le vide produit par la machine pneumatique, la lumière diffuse et légère qu'il affecte a beaucoup de ressemblance avec l'aurore boréale ; ce sont dans les deux cas les mêmes variétés de couleur et la même intensité, les mêmes coruscations, les mêmes ondulations. Les courans offrent aussi des diversités semblables de couleur et de caractère, tantôt se déployant en rayons déliés et se rassemblant ensuite en faisceaux lumineux, tantôt embrasant le ciel d'un torrent de lumière légère ; de tous ces rap-

prochemens, on a conclu que ce curieux et magnifique phénomène doit être entièrement attribué au passage de l'électricité à travers les régions supérieures de l'atmosphère, où le milieu est fort rare. La hauteur de ces météores a été diversement estimée : l'honorable Henri Cavendish l'a portée à 71 milles, Boscowich à 825, Bergman à 468; Euler l'étend jusqu'à mille milles, Mairan à 200 lieues, et MM. Dalton et Grosthwaite à 150 milles. Si l'on juge d'après des déductions aussi disparates, il semblera évident qu'il doit y avoir eu dans l'évaluation quelque erreur extraordinaire et commune, et l'on sera porté à douter qu'un seul même de ces nombres soit exact. Dans les contrées nord-est de la Sibérie, le sifflement terrible qui accompagne l'apparition de ces phénomènes, effraie tellement les chiens à la suite des chasseurs, qu'ils n'osent pas bouger jusqu'à ce que le bruit ait cessé. M. Nairne et M. Cavallo reconnaissent avoir entendu le bruit qui, dans ces latitudes, est quelquefois uni à l'aurore boréale, quoiqu'il faille avouer que l'on a beaucoup douté de ce fait; cependant, quant à nous, nous le regardons comme hors de toute contestation, et nous nous rappelons très bien l'avoir entendu fort distinctement, dans notre jeune âge, en Écosse, avec un grand nombre de personnes qui peuvent encore l'attester; c'était une espèce de son

comme celui que l'on produit en vannant, ou comme celui d'un léger rideau agité par la brise. Or, ce seul fait prouve que les calculs concernant la hauteur de l'aurore boréale sont fondés sur une erreur, parce que, même en prenant l'évaluation la plus basse, celle de M. Cavendish, la raréfaction de l'atmosphère à une hauteur de 70 milles est loin d'approcher de celle qui peut être produite par une bonne machine pneumatique, et que dans un pareil milieu, tout son doit nécessairement cesser et être anéanti. Il est aisé de voir même que M. Dalton a *altéré* son estime; car il évalue la *hauteur* de l'aurore du 29 mars 1826, qui semblait être immédiatement au-dessus des villes de Kendal et Kirby-Stephen, à *mille milles*, l'ouverture de l'arc à 8 ou 9 milles, et sa longueur visible d'un point quelconque à 550 milles. Aux Shetlands, l'aurore boréale est appelée *the merry dancers* (les joyeux danseurs); on la voit confusément immédiatement après le crépuscule, au-dessus de l'horizon, et ses faisceaux brillans, d'une lumière resplendissante empruntent diverses formes et des nuances de couleurs variées, qui souvent, formant une espèce de rideau répandu sur tout l'hémisphère visible, offrent un spectacle des plus magnifiques. Dans la baie d'Hudson, leur éclat est, dit-on, égal à celui de la

lune dans son plein, et dans la Laponie et la Suède il suffit pour éclairer les pas des voyageurs. Dans le nord-est de la Sibérie, les aurores boréales brillent à l'orient, elles se meuvent avec une incroyable vitesse, et remplissent le ciel d'une clarté inimitable, ressemblant à une vaste tente qui se déploie parsemée d'or, de rubis et de saphirs. Le docteur Halley attribue la production de ce phénomène à l'agent du magnétisme; et les observations de M. Dalton semblent prouver que la direction des rayons de l'aurore boréale est en réalité celle de l'aiguille d'inclinaison. Le signor Beccaria a considéré les phénomènes du magnétisme comme le résultat d'un courant naturel d'électricité, qui se dirige constamment du nord au sud, et dont le point de départ est dans plusieurs sources de ce fluide placées dans l'émisphère boréal. Il suppose que l'écartement de ces courans du point nord, leur centre commun, est la cause des variations de l'aiguille aimantée. Le terme de cette déclinaison du centre est la période de la variation, et l'obliquité des courans détermine l'inclinaison de l'aiguille. On aperçoit souvent les étoiles à travers le rideau électrique de l'aurore boréale. Ce beau phénomène est assez rare dans les régions équatoriales, mais il se montre fréquemment près de l'un et l'autre pôle.

Parmi tous les phénomènes météorologiques il n'y en a point qui présente des circonstances plus extraordinaires que celles de ces merveilleuses précipitations atmosphériques, appelées *pierres météoriques*. Ce sujet, néanmoins, il faut bien le reconnaître, quoique présentant un intérêt d'une espèce particulière, est encore hérissé de difficultés et rempli d'obscurité. Que notre terre, depuis les périodes les plus reculées de l'histoire de la race humaine, ait été sujette à des pluies de pierres, c'est un fait bien constant, et il n'en existe aucun dans le vaste cercle de notre philosophie, qui soit mieux établi. Les historiens sacrés et profanes ont uni leurs voix pour annoncer au monde cette vérité; les légendes de l'avient, les annales de la Grèce et de Rome, l'attestent également; en retranchant de leurs récits ce qui n'est que fictions et fables, allégories et orientalisme, le fond présente tous les caractères de la vérité, et le physicien qui de nos jours mettrait en question ces curieux effets ne serait pas digne du nom de philosophe. Les temps modernes ont beaucoup ajouté à leur liste, et le catalogue des chutes de pierres est maintenant très étendu et très complet. La première pluie de cette nature dont il soit fait mention est celle qui se trouve consignée dans le dixième chapitre du

livre de Josué (1), et qui anéantit les ennemis de ce grand général dans le chemin de Bethoron. Les pierres de ténèbres (2) peuvent aussi être de cette espèce, et le *colore adusto* de Pline exprime admirablement leur apparence. Cependant, comment questionner un habitant d'un autre monde?

« Quels sont ceux qui ne ressemblent pas aux habitans de la terre?

» Et cependant reposent sur elle.

» Êtes-vous des êtres que l'on puisse interroger? »

« Quel que soit l'endroit de leur chute, soit qu'on les trouve dans les régions intertropicales ou polaires, ces pierres possèdent un caractère semblable, et si bien déterminé qu'il leur est tout-à-fait propre. Il suffit de les avoir vues une fois, pour que l'on puisse aisément les reconnaître; et les nombreux échantillons que l'on conserve dans le musée d'Angleterre, ainsi que dans ceux du continent et dans les collections particulières, viennent à l'appui de cette règle. Ainsi que nous l'avons déjà remarqué, nous trouvons de tous côtés dans les livres des écrivains sacrés et profanes des récits authen-

(1) Josué, x, 11.

(2) Job. xxviii, 111.

tiques de ces pluies de pierres ; et l'on pense que ce dont il est question dans les Actes des apôtres doit avoir une pareille origine ; l'expression dont on se sert est remarquable : « Un adorateur de la grande déesse Diane, et de *celle qui fut lancée par Jupiter.* » Il est vrai qu'ici *l'image* seule est introduite, mais cela n'est point dans l'original, et nos traducteurs ont remplacé les mots en *italiques* (1). On doit sans doute compter au nombre de ces pierres la plupart de celles que les Égyptiens adoraient ; telle était aussi, suivant Tacite, celle à laquelle on rendait un culte à Chypre ; et, d'après le récit d'Hérodote, les Phéniciens avaient également une idole de cette espèce ; c'était une pierre de forme conique, de couleur *noire*, et que l'on disait être tombée du ciel. Nous pensons, d'après la description qu'Ali Bey a donnée de la *pierre noire* du temple de Mahomet, à la Mecque, qu'elle est également d'origine météorique ; on lui donne le nom de *Hhajera el Assouad* ou *pierre céleste*, et il est établi qu'elle tomba au pied de la montagne *Djebel-Koubiis*. On trouve une liste intéressante des diverses chutes de pierres météoriques dans un ouvrage intitulé *della caduta di un sasso del*

(1) Bloomfield, dans son *Recencio synoptica annotationis sacræ, in loc. cit.* « Quelquefois je suis porté à penser que l'image *matérielle* aurait pu tomber du ciel. »

aria ragionamento, publié à Modène, en 1766, par Dominico Troili.

Tite-Live décrit une chute de pierre qui eut lieu sur le mont Alba sous le règne de Tullus Hostilius, environ 652 ans avant Jésus-Christ. Le sénat ayant mis ce fait en doute, fit faire une enquête qui le confirma pleinement. La description donnée par l'auteur latin est en ces termes: *haud aliter quam quum grandinem venti glomeratam in terras agunt, crebri cecidere vario lapides.* — Plutarque (1) fait mention d'une pierre qui tomba dans le royaume de Thrace, à Egospotamos; Anaxarque supposait qu'elle provenait du soleil, et il paraît qu'elle était d'une énorme dimension (*magnitudine vehis*). La personne qui fut témoin de sa chute décrit ainsi le phénomène: « Elle resta suspendue dans l'air pendant long-temps, et paraissait lancer des éclats qui glissaient comme des étoiles filantes; et à la fin il tomba sur la terre une pierre d'une dimension extraordinaire. » Pline, qui a examiné cette pierre, nous apprend qu'elle était d'une couleur sombre et comme brûlée; il parle aussi d'une autre qui tomba à Abydos, et que l'on adorait; une semblable était également l'objet d'un culte à Potidea. Le 27 novembre 1629, par un ciel

(1) *In vita Lysandri.*

très clair, Gassendi vit tomber sur le mont Vaisir, entre les villes de Guillaume et de Perne en Provence, une pierre brûlante, d'environ quatre pieds de diamètre; elle pesait 59 livres; sa chute fut accompagnée d'un bruit semblable à un coup de canon, et elle était entourée d'une auréole lumineuse ornée des couleurs de l'arc-en-ciel. En 1510 il tomba, dans un champ près de la rivière d'Abdua, au moins 1200 pierres dont l'une pesait environ 120 livres, et beaucoup d'autres surpassaient 60 livres. Soldani donne une description intéressante d'une pluie de pierres qui arriva en Italie, en juin 1794. « On aperçut, vers sept heures du soir, en Toscane, près de Sienne et Radicofani, un nuage effrayant, venant du nord, et lançant de tous côtés des étincelles semblables à des fusées; il jetait de la fumée comme un fourneau, et produisait des explosions qui ressemblaient plus au canon ou au bruit de la mousqueterie qu'à celui du tonnerre; il projetait sur la terre des pierres brûlantes, et la lumière qui s'en échappait était d'un *rouge remarquable* et se mouvait avec *moins* de vitesse qu'à l'ordinaire. Ce nuage se présentait sous diverses formes aux observateurs, suivant les points d'où il était regardé; il demeura long-temps suspendu, mais partout on le vit distinctement en un état de combustion intérieure

et vomissant de la fumée comme un fourneau à sa hauteur première, d'après plusieurs circonstances, semblait être la région ordinaire des nuages. » Le 20 avril 1803, il tomba à l'Aigle en Normandie, une pluie de pierres, au nombre de 300 environ; plusieurs personnes furent témoins de ces phénomènes, et nous possédons dans notre cabinet plusieurs fragmens de ces pierres, et même quelques unes tout entières. En juillet 1810 une grosse pierre tomba à Shahabad, dans l'Inde; ses éclats tuèrent plusieurs personnes, et incendièrent, dit-on, cinq villages. Dans la même année un enfant fut témoin de la chute d'une pierre météorique dans un champ du Yorkshire, près de la maison du major Topham. Le 9 et le 10 septembre 1813 plusieurs pierres tombèrent à Limerick, en Irlande, et le 13 novembre 1822 on en recueillit une à Épinal, en France, dont la grosseur était celle d'un boulet de six. Le fait le plus curieux de cette espèce, en ce qu'il rapporte la mort d'un individu tué par un aérolithe, est celui qui est décrit de la manière suivante par signor Angelo Bellani, de Pavie, dans le *Giornale di fisica e chimica*. « Une de ces pierres projetées par les nuages, qui frappa d'une mort soudaine un moine franciscain, de Santa Maria della Pace, à Milan, et qui est livrée à la curiosité publique dans notre muséum. » Ceci est extrait

d'un livre imprimé à Tortone en 1677. Les autres moines du couvent, réunis au chanoine Manfredo Settala, ayant examiné le corps, découvrirent une blessure, et l'ayant sondée y trouvèrent un fragment de météorolithe, qui paraissait avoir pénétré jusqu'à l'os; ce fragment pesait environ le quart d'une once; il n'était pas parfaitement arrondi, mais plutôt à angles obtus; d'un côté il avait la couleur de la brique cuite, et de l'autre il paraissait recouvert d'une croûte ferrugineuse peu épaisse; en le broyant il émettait une odeur de soufre. Sans nous étendre particulièrement sur ces pierres météoriques qui sont tombées, il y a quelques années, à Juvenas (dont je possède un fragment très considérable) et en d'autres endroits, nous pouvons établir généralement que les Iles Britanniques ont été plusieurs fois exposées à ces visites extraordinaires, et que même dans la capitale de la Grande-Bretagne, à Londres, il est tombé un aérolithe le 18 mai 1680. Les masses spongieuses de fer, décrites par Pallas, qui se trouvent en Sibérie et dans plusieurs autres endroits du globe, sont aussi supposées avoir une semblable origine. Comme tous les aérolithes, elles contiennent du *nickel*, et leur fer est entièrement malléable et susceptible de s'étendre sous le marteau. M. Sowerby a

offert à l'empereur Alexandre une épée faite avec du fer météorique, et l'on a reconnu que les couteaux des Esquimaux, rapportés des régions arctiques par le capitaine Rey et déposés au musée britannique, sont fabriqués avec du fer météorique et contiennent du nickel. L'opinion la plus accréditée concernant les aérolithes, c'est qu'elles proviennent de la lune. Laplace soutint autrefois éloquemment cette hypothèse, mais les esprits s'étant bientôt familiarisés avec la lune, il imagina de faire venir les bolides des régions placées au-delà des limites de notre système solaire, et qui sont circonscrites par l'orbite d'*Uranus*, points inaccessibles même à la vision télescopique. Tout nous porte à rejeter cette opinion extraordinaire, et à ajouter également peu de foi à celle qui regarderait ces corps comme n'étant que des morceaux ou des fragmens détachés de ces planètes plus petites, appelées quelquefois *astéroïdes*, qui se meuvent entre les orbites de Mars et de Jupiter, et qui ont reçu les noms de *Cérès*, *Pallas*, *Vesta* et *Junon*; car quoique leur ellipticité soit plus excentrique que celle des autres planètes, nous ne voyons pas en quoi cela pourrait faire quelque chose à la question. Nous sommes pareillement disposés à ne point regarder comme vraie l'hypothèse qui, si nous ne nous trompons pas,

est due au docteur Brewster, et suivant laquelle il y aurait tout autour de nous une zone d'aérolithes dont quelques-uns seraient de temps en temps entraînés dans la sphère d'activité de la terre. Toutes ces spéculations pourraient avoir quelque vraisemblance si les aérolithes n'étaient accompagnés d'aucun phénomène extérieur, si c'étaient simplement des pierres descendant des hauteurs de l'atmosphère; mais nous ne pouvons oublier que leur chute est toujours précédée de nuages, d'obscurité, d'éclairs et de détonations violentes; et il paraît contraire à toute analogie de penser que le *simple passage* de ces corps à travers notre atmosphère soit suffisant pour allumer la foudre et produire la tempête. En ce qui regarde la lune, on ne peut citer aucun fait pour servir de base à cette opinion; nous avons, avec une grande persévérance, examiné sa surface à l'aide de lunettes excellentes et d'un fort grossissement ainsi qu'avec des télescopes à réflexion, et nous nous sommes à la fin trouvés aussi ignorans sur la nature de son disque qu'au commencement de nos recherches. Quelques observateurs ont voulu faire croire que ces anneaux argentés qui semblent flotter dans l'abîme de l'espace, et qui, lorsque la lune est dans sa quadrature, se montrent en *reliefs* si sublimes, sont des cratères de volcans; mais tout cela n'est qu'une

simple conjecture, et ne repose sur aucune base solide. Quant à la lumière observée sur le disque lunaire par sir W. Herschell, le capitaine Kater et plusieurs autres astronomes, on peut *toujours*, si nous ne nous trompons, l'apercevoir lorsque la lune n'a que deux ou trois jours; et, si nos souvenirs sont exacts, elle a été aussi reconnue par Hevelius. D'après notre opinion elle doit avoir quelque analogie avec les lueurs périodiques qui brillent au milieu des chaînes de l'Himalaïa, et qui semblent être de nature électrique ou phosphorique. Le phénomène de l'occultation des étoiles par la lune et celui de l'émersion d'Aldebaram, récemment décrits par M. Bonycastle, sont contraires à la présence d'une atmosphère lunaire, condition nécessaire à l'existence matérielle d'un volcan en ignition, quoique cependant, chimiquement parlant, quelques combinaisons soudaines et énergiques manifestent quelquefois les phénomènes de la combustion et de l'ignition; mais ici nous parlons *en général*.

Dans ces hypothèses une difficulté succède à une autre; car dès que l'on a admis l'existence de pareils volcans, il faut encore les douer d'une force de projection qui surpasse toute pensée: en effet le météore devrait s'échapper avec une vitesse de 6,000 pieds par

seconde, vitesse triple de celle d'un boulet de canon, et il entrerait dans notre atmosphère avec celle d'environ 25,000 pieds par seconde. Or, la manière comparativement calme avec laquelle ces corps viennent saluer notre globe, ne s'accorde pas avec de pareilles suppositions; et même après avoir accordé cette double *pétition de principes*, les aérolithes se trouveraient encore relégués dans certaines latitudes *spéciales*, tandis qu'il n'en est aucune de l'un à l'autre pôle, qui n'ait été honorée de leur visite. Mais ceux que nous avons entre les mains vont nous dire eux-mêmes de quelle étoffe ils sont faits; et il faut nous hâter de les interroger pour apprendre quelles notions ils vont nous donner sur leur nature. On sait que, soumis à l'analyse chimique, ils présentent *du fer, du nickel*, et *du chrôme*, et quelquefois des matières calcaires, terreuses et combustibles; or, il ne faut pas perdre de vue ou oublier que toutes ces diverses substances se trouvent naturellement sur la terre. Leurs *proportions*, il est vrai, sont différentes de celles de ces mêmes éléments dans les masses minérales que l'on a découvertes jusqu'à ce jour sur le globe; mais l'électricité atmosphérique peut bien y avoir apporté quelque changement, ou imprimé un caractère inconnu aux autres minéraux terrestres; elle peut suspendre

ou troubler les affinités *naturelles* des corps, ou leur en donner d'entièrement nouvelles; c'est ainsi que les proportions des combinaisons peuvent être aisément altérées, et qu'elles peuvent affecter un autre ordre par rapport à leurs ingrédiens. On n'a jamais découvert dans ces corps aucune *matière* nouvelle: ce sont toujours celles qui appartiennent à notre globe, qui nous sont familières, et le fait que leurs élémens divers sont constamment réunis dans des proportions identiques, prouve non seulement une *source commune*, mais encore *un agent de production unique*. Remarquons maintenant que les produits des volcans terrestres varient considérablement entre eux, tandis que les aérolithes ont tous un caractère commun, ou que quelques uns offrent à peine des différences imperceptibles: *non omnibus facies una, nec tamen diversa.* La seule chose dont nous ayons besoin pour rendre compte de leur formation, est donc un véhicule qui puisse en transporter les élémens dans les parties supérieures de l'atmosphère, or ces véhicules se présentent en grand nombre: les vents, (les tourbillons et les trombes), les milieux gazeux, spécifiquement plus légers que l'air, tels que l'hydrogène et ses composés, l'évaporation, l'air atmosphérique même, lorsqu'il est dilaté par la chaleur, et que son élasticité est augmentée par la vapeur

qu'il contient, enfin les éruptions volcaniques qui lancent dans l'air leur poussière embrasée à une hauteur quelquefois énorme, ainsi que l'a montré M. Poulet-Scrope, en s'occupant particulièrement de l'élévation prodigieuse à laquelle furent projetées les cendres et les fragmens de pierre dans l'éruption récente du Vésuve, en novembre 1822. Du sable fin enlevé par le vent sur la côte d'Afrique, est venu tomber à bord d'un vaisseau distant de 600 milles en mer, et nous possédons une certaine quantité de poussière volcanique très déliée, projetée par le volcan de Saint-Vincent, et recueillie sur le pont d'un navire, à 300 lieues de l'île; dans quelques unes de ces éruptions, la poudre volcanique, élevée au-dessus des courans inférieurs de l'atmosphère, fut transportée contre la direction du vent, jusqu'aux Barbades. J'ai analysé un liquide que le comte de Mountnoris avait recueilli dans le cratère d'un volcan de l'une des îles Lipari, et je l'ai trouvé formé de fer, de nickel et des autres élémens des aérolithes. La pluie de pierres météoriques à Radicofani, en Toscane, eut lieu le jour même de la grande éruption du Vésuve qui engloutit *Torre del Greco*; celle d'Epinal se manifesta immédiatement après une éruption du même volcan, et l'on pourrait citer beaucoup d'autres exemples pour prouver que ces

concrétions remarquables ne se précipitent de l'atmosphère que lorsqu'elle est nécessairement chargée de matières volcaniques. Elle devient alors pour ainsi dire, et chimiquement parlant, saturée de matières métalliques et de particules terreuses rejetées par les volcans, ou bien entraînées par l'évaporation et d'autres causes. Ces matières se trouvant répandues sur une immense surface, flottent suspendues dans les régions supérieures de l'air jusqu'à ce que les traits de la foudre qui les traversent, rassemblant devant eux, comme le soc d'une charrue, les particules éparses, elles sont elles-mêmes entraînées instantanément dans son mouvement par les puissantes attractions électriques ainsi développées; la foudre rencontrant à la fin une électricité d'une nature opposée à la sienne, il en résulte une explosion, la masse rassemblée se trouve instantanément fondue et agglutinée, et le météorolithe ainsi formé se précipite sur la terre. On peut aussi très facilement supposer que d'immenses étendues de matière terreuse, et d'oxides métalliques, doués chacun de leur électricité particulière, viennent à rencontrer, dans leur mouvement, des substances métalliques, ou carbonacées, ou d'autres matières inflammables pareillement répandues dans l'espace; celles-ci posséderaient naturellement une

espèce d'électricité opposée à la première; la réunion de ces deux masses serait alors terrible, et déploierait tout l'éclat qui accompagne ordinairement ce sublime phénomène. Le feu électrique enflammerait les milieux gazeux, donnant naissance à de la vapeur aqueuse, tandis que en même temps les substances amenées en contact se trouveraient instantanément fondues et réunies immédiatement dans le foyer où ces deux électricités sont condensées ensemble; la croûte qui enveloppe les pierres météoriques semble clairement indiquer qu'elles ont effectivement traversé un milieu aqueux, comme nous l'avons supposé.

Nous ne voyons donc pas la nécessité de regarder les pierres météoriques comme *extra-atmosphériques*, par la raison toute simple que nous avons toutes les conditions nécessaires à leur production, savoir: des véhicules assez actifs et assez étendus pour en porter les matériaux dans les régions supérieures, et un agent assez puissant pour altérer l'arrangement de leurs élémens, et les réunir par la fusion en une masse solide. De quelque autre manière que l'on envisage leur production, ce n'est toujours qu'une supposition gratuite; l'hypothèse, quelque sublime et hardie qu'elle soit, porte toujours avec elle quelques élémens de doute, et l'on n'y aperçoit rien au fond de solide ou

de satisfaisant. Nous ne pouvons douter d'ailleurs que la force de la foudre ne soit suffisante pour produire de tels effets; l'intensité de son pouvoir est amplement attestée par ces productions extraordinaires, ces tubes de sable vitrifiés ou *cerumian scinter* trouvés en Allemagne, et particulièrement à Drigg, dans le Cumberland, dont M. Irton de Irtonhall nous a envoyé de beaux échantillons. Si nous sommes bien informés, on a eu sur le continent des exemples récens de la formation de ces tubes fulminaires; l'un d'eux délicatement vernissé et émaillé par la foudre, pénétrait dans la terre à la profondeur de près de 30 pieds, non compris ce que l'on pourrait appeler les fibres de sa racine; nous possédons aussi un échantillon d'amphibole fondue, trouvé au sommet du Mont-Blanc. Lorsqu'on soumet un fragment de pierre météorique au jet de la flamme du chalumeau à gaz composés, il se fond, ainsi que nous l'avons observé, en un petit *grain magnétique*, et nous avons répété cet essai sur des échantillons de notre cabinet, provenant des pierres de l'Aigle, Juvenaz, etc. Si l'on avait besoin de preuves plus évidentes pour établir complètement notre conclusion, nous pensons qu'on les trouverait dans les phénomènes qui accompagnèrent la chute des pierres météoriques de la Baffe, département des

Vosges, le 13 septembre 1822, et dont la description détaillée, attestée par Nicolas Étienne, le maire de La Baffe, etc., se trouve dans les *Annales de chimie*. Un violent orage accompagné d'éclairs commença à quatre heures du matin environ; l'air était calme et le ciel rempli de nuages électriques; les éclairs étaient d'une fréquence et d'une vivacité peu communes, et un grand nombre se dirigeait vers la terre; le bruit du tonnerre était éclatant et aigu. A sept heures, l'orage étant parvenu au-dessus de La Baffe, les habitans entendirent tout-à-coup un bruit très distinct, analogue à celui d'un chariot traîné rapidement sur une route raboteuse; il dura au-delà de sept minutes, et son intensité à la fin était effrayante. A cet instant, une forte explosion se fit entendre, et le météore vint frapper la terre; sa grosseur était celle d'un boulet de six, et il avait une chaleur brûlante. Le moment de l'apparition de ce phénomène fut celui où le front de l'orage arriva au zénith; le tonnerre avait grondé avant, et il gronda après avec la plus grande force; la pluie qui commençait à tomber devint plus violente. D'après toutes ces circonstances réunies, il est impossible d'admettre que l'aérolithe n'ait pas été le produit même de l'orage.

Suivant notre opinion l'éclair rassemble sou-

vent, dans sa marche progressive, une *matière étrangère* aux surfaces qu'il pénètre, et je crois avoir trouvé la preuve la plus complète de ce fait dans l'examen de quelques effets particuliers : ainsi dans le printemps de 1822 la foudre ayant frappé un marron d'Inde, près Sarsden, en Yorkshire, il se répandit à cinq pieds environ sur la surface de la terre une substance ferrugino-résineuse sortie de son écorce, et en analysant une certaine quantité de cette matière, nous y reconnûmes la présence du *nickel*. M. Fusinieri a fait quelques expériences extrêmement intéressantes qui paraissent clairement prouver le transport de matière pondérable pendant la décharge électrique, et l'on ne peut rendre compte de l'odeur particulière de l'électricité et de l'éclair qu'en l'attribuant à une substance étrangère. D'un autre côté *la couleur* de la lumière électrique et celle de l'éclair doivent aussi dépendre de combinaisons étrangères; ainsi cette couleur sera rendue rouge par le fer ou l'acier (elle était *rouge* dans l'éclair qui accompagna la chute des pierres de Radicofani), verte par l'argent, et ainsi des autres métaux. Afin de comprendre clairement les expériences si curieuses de M. Fusinieri, supposons une bouteille de Leyde surmontée par une boule d'or, et l'excitateur destiné à la décharger, par une boule d'argent; lorsque la

décharge aura été effectuée, on trouvera une trace d'argent sur la boule d'or et une d'or sur celle d'argent. Ceci me rappelle une expérience électrique assez analogue à celle-ci, que je fis il y a plusieurs années, et qui fut publiée dans le *Philosophical magazine*. Ayant recouvert d'une couche d'encre de Chine la boule de la bouteille de Leyde ainsi que celle de l'excitateur, je plaçai entre elles une carte verticale et j'opérai la décharge. La carte se trouva percée, comme cela arrive ordinairement; une petite aspérité s'élevait de chaque côté, mais en outre un petit cercle d'encre de Chine avait été enlevé de *chaque* boule, et l'on remarquait au centre de chacun une dentelure. Nous réunîmes cette expérience à beaucoup d'autres pour démontrer l'existence d'*un double courant*; mais M. Singer, autant que nous nous le rappelions, prétendit que ce n'était qu'un effet d'*expansion*; les expériences de M. Fusinieri cependant prouvent évidemment que notre opinion était fondée. M. Moll, d'Utrecht, lui a par suite fait subir quelques modifications, et à sa demande je lui envoyai un détail de ces expériences. J'ai fait plus tard les essais suivans, qui se rapportent à ceux de Fusinieri. Ayant placé plusieurs feuillets d'or battu entre les feuilles d'une demi-main de papier, je fis passer au travers une forte décharge électrique, et je

reconnus que sur tout le passage de l'étincelle chaque surface externe était marquée d'une tache pourpre d'oxide d'or. Consultons enfin le phénomène qui annonce la formation et la chute des pierres météoriques : d'abord un fort roulement de tonnerre fixe l'attention, et la vue dirigée vers l'endroit menaçant aperçoit un globe brillant s'élancer des flancs de la nuée sombre qui cache les élémens de l'explosion, un sillon de flamme trace dans le ciel sa route vers la terre ; quand enfin le météore l'a atteint et que l'envoyé céleste est *soumis à la torture du feu et à l'inquisition de la forge*, on n'y rencontre rien, à notre avis, qui puisse être contraire à la conclusion que tous ses élémens sont de nature terrestre, et que les proportions, qui semblent indiquer une nature étrangère, sont le résultat des mouvemens électriques qui ont eu lieu dans les régions élevées du ciel.

Les éruptions volcaniques accompagnent toujours un état de l'atmosphère fortement électrique. M. Ronalds nous apprend que dans les expériences qu'il fit sur le mont Vésuve, en juin et juillet 1819, il trouva l'air atmosphérique *constamment positif*, que la tension augmentait à mesure que le soleil devenait plus élevé, excepté lorsqu'elle était *influencée par les explosions du volcan*, et que les variations d'intensité étaient très fréquentes. La

différence entre le plus haut et le plus bas degré d'intensité s'élevait environ au tiers de la tension moyenne : ces variations étaient par occasion accompagnées de changemens de vent qui souvent avaient lieu six ou sept fois dans l'espace d'une demi-heure. Signor Gemellaro rapporte un phénomène électrique curieux qui s'offrit à lui dans son ascension sur le mont Etna, le 2 juin 1814. « Carbonaro, un des guides, celui qui marchait en tête de notre petite troupe, sentit tout-à-coup ses cheveux se dresser sur sa tête, sa figure et son front devinrent comme engourdis, et il entendit un sifflement aigu ; ayant ôté son chapeau, ses cheveux se hérissèrent davantage, et le sifflement devint plus fort. Le voyageur qui suivait Carbonaro entendit pareillement un bruit sourd, et lui demanda ce que c'était. Ils se rapprochèrent alors l'un de l'autre, et écoutèrent ensemble ces sons magiques. Le voyageur se tourna pour appeler son compagnon qui était à quelque distance, et lui fit signe de la main ; mais cette main, en s'élevant, produisit un son beaucoup plus intense, et qui éprouvait des modulations singulières par le mouvement des doigts. Enfin les trois personnes s'étant réunies s'amusèrent quelque temps à produire dans l'air ces effets surprenans, en agitant simplement leurs doigts. » Durant les convulsions des

éruptions volcaniques, on voit les éclairs lancer leurs éclats brisés à travers l'épaisse ceinture de nuages qui s'élève du cratère, ainsi que l'a si bien peint signor Monticelli, de Naples, en décrivant l'éruption d'octobre 1822, quand le Vésuve offrit alors, par ses flots de lave, le magnifique spectacle d'une cataracte de liquide embrasé, tandis que des colonnes de nuages épais et obscurs, entremêlées de flamme, s'élevaient vers le ciel, et que l'éclair au milieu d'un firmament couvert de ténèbres répandait ses coruscations sublimes et ses scintillations ressemblant *l'enorme e rigoglioso pino*. Le 22 octobre 1822, disent MM. Monticelli et Covelli, une énorme colonne de feu, de deux mille pieds de hauteur, s'éleva du sommet de la montagne, et il s'élança du cratère un éclair suivi de nombreuses flammes en zig-zag, qui ne cessaient de pénétrer la colonne de cendres qui s'élevait. Vers le milieu de la nuit le paroxisme du volcan parut être arrivé à son plus haut point : les jeux de l'électricité, qui embellissaient les parties supérieures des nuages de cendres, devinrent plus brillans, et acquirent un nouvel éclat ; à cet instant le ciel offrit un spectacle inattendu, les flammes en zig-zag qui s'élançaient, soit des bords du nuage de sable dans l'air, soit d'une nuée à une autre, étaient tellement multipliées que les

bords paraissaient frangés de lumière, et semblables à un disque électrique lançant continuellement des jets de lumière. Le 23 la décharge continuelle des éclairs, accompagnée de coups de tonnerre effroyables, tomba sur les points les plus élevés des églises, des maisons et des arbres. On observa des flammes sans nombre serpentant dans toutes les directions, et paraissant venir aussi fréquemment de la terre que du ciel; le sable volcanique qui retomba le 23 et les jours suivans était électrisé positivement. Avant cette mémorable éruption, je descendis à plusieurs centaines de pieds dans le cratère du volcan; mais maintenant, ainsi qu'un de mes amis me l'a appris, il n'est plus possible de le faire (1).

Nous regardons les *tremblemens de terre* comme étant liés avec les agens volcaniques. On trouve toujours, en effet, que, lorsqu'ils arrivent, l'air est fortement électrisé, et leurs secousses se font sentir à une distance immense. Pendant le tremblement de terre de Lisbonne, en 1755, la célèbre fontaine de Saint-Winifred, à Holywell, s'arrêta tout-à-coup, et cessa de couler pendant trois jours. Le docteur Muter, curé d'une église d'Écosse, m'a rapporté que le matin même de ce jour, un de ses amis

(1) Voir les notes.

et lui se promenaient sur les bords du Loch Lomond, dont la surface d'une tranquillité remarquable n'était pas même ridée par le moindre vent, lorsque les eaux s'élevèrent tout-à-coup à huit pieds au-dessus de leur niveau primitif, et la fontaine voisine déborda. Le grand tremblement de terre des 13 août et 5 septembre 1822, qui détruisit la ville d'Alep, et ensevelit plus de 20,000 habitans, s'étendit à plusieurs villes de la Syrie, et la secousse fut ressentie à Damas et dans l'île de Chypre. Dans ce cas, les ondulations *verticales* étaient rares; les plus fréquentes étaient presque exclusivement dans une direction latérale; ce tremblement précéda d'un mois environ l'éruption du Vésuve dont nous avons parlé ci-dessus.

CHAPITRE VI.

Phénomènes de la végétation. — Théorie de Dutrochet. — Électricité animale. — Ascension de l'araignée.

Il paraît très probable que tout l'ensemble des phénomènes de la végétation est soumis à l'influence électrique ou aux courans d'électricité. La fille du célèbre Linnée observa la première, le matin, sur les fleurs de la capucine des lueurs d'électricité, et c'est vraisemblablement à cette même cause qu'est due la suspension des gouttes de rosée à l'extrémité des feuilles. La nouvelle et si lumineuse théorie de Dutrochet semble aussi confirmer ces observations. Suivant cet auteur, les racines absorbent l'eau ainsi que toutes les matières solubles qui peuvent s'y trouver; elle monte vers les feuilles, à travers les *tubes lymphatiques* de Decandolle, qui se voient également dans le bois tendre et dans le bois dur, aspire *latéralement* dans son ascension une portion de la sève déjà élaborée et assimilée, et donne ainsi naissance aux feuilles. La sève, ensuite, arrivant au printemps dans les feuilles formées, y éprouve

un changement chimique; elle dégage du gaz oxigène pendant le jour, et de l'acide carbonique pendant la nuit : ayant ainsi été assimilée, elle revient de nouveau, redescend à travers l'écorce et l'aubier, et abandonne *latéralement*, dans sa descente, la sève élaborée, transformée en écorce et en bois. Ainsi les trachées rayonnantes du bois répandent et distribuent latéralement le suc ascendant des tubes lymphatiques, tandis que celles de l'écorce dispersent à l'écorce le suc descendant qui doit la nourrir ; le premier ajoute une nouvelle couche à *l'aubier* ou jeune bois, et le second un nouveau feuillet au *liber* ou partie intérieure de l'écorce. M. Dutrochet a éclairci cette théorie par plusieurs expériences intéressantes. Il prit le *cæcum* ou gros intestin d'un jeune poulet, et après l'avoir rempli de lait presque en entier et plongé ensuite dans l'eau, il observa que le liquide commençait à être *absorbé latéralement* ; au bout de quelque temps le lait éprouva une décomposition chimique, et l'eau, qui d'abord avait été absorbée fut *chassée* à travers les mêmes orifices qui avaient primitivement servi à son introduction. Si l'on suppose qu'on lie fortement au cœcum un tube de verre, il est évident qu'au moment où l'eau sera absorbée le liquide s'élèvera dans le tube, ainsi que l'a prouvé le docteur Hales dans ses

expériences sur le saignement de la vigne. M. Braddick a fait en ce genre un essai encore plus intéressant ; ayant attaché une vessie à la coupure faite à un cep de vigne, il observa qu'après vingt-quatre heures elle se gonfla considérablement, devint bientôt aussi dure qu'un ballon, et enfin se rompit avec explosion au bout de quelques heures. On m'a dernièrement communiqué un fait curieux que je regarde comme venant en quelque sorte à l'appui de la théorie de Dutrochet. Ayant coupé dans un bois, pendant une forte gelée, une petite branche, on la dépouilla en partie de son écorce, et il s'échappa de la surface mise à nu une innombrable quantité des filamens capillaires de glace, tous horizontaux et parallèles les uns aux autres. Il paraît que l'expansion soudaine des fluides contenus dans les tubes déjà décrits, ayant poussé des jets de sève à travers les orifices latéraux, leur congélation soudaine avait donné lieu à cette apparence curieuse. Comme vérification de la théorie de Dutrochet, il faut se rappeler que l'électricité joue toujours un rôle dans tous les changemens chimiques, et que par conséquent, lorsque le lait passe à la fermentation acéteuse, son pouvoir est augmenté, et que sa manière d'agir, durant ce phénomène, doit être fort différente de ce qu'elle était auparavant :

l'ascension des liquides en vertu de l'attraction capillaire est un problème dont la solution a beaucoup embarrassé ceux qui s'en sont occupés, et nous ne saurions vraiment pas comment l'expliquer sans l'aide de l'attraction électrique. Lorsque dans l'expérience de Dutrochet, on substitue au lait du *sang frais*, elle devient beaucoup plus concluante; les portions du liquide expulsé vers la fin de l'expérience sont teintes en rouge par les globules colorés du sang, et viennent communiquer cette couleur à la liqueur dans laquelle est plongé le tissu cellulaire.

Il y a dans la physiologie végétale certaines circonstances particulières où les plantes sécrètent une quantité inaccoutumée d'eau limpide, et suivant toute probabilité cet effet dépend de quelque action spéciale que l'électricité exerce sur leur organisation. Ainsi la plante qu'on appelle le *pin sauvage* (1) (wild pine), végétal exotique de l'Amérique du sud et des Indes orientales, vivant parasite sur le tronc et les branches de quelques arbres, est composée de capsules foliacées, qui servent de réservoirs à l'eau tombant de l'atmosphère sous forme de pluie ou de rosée; elle contient quelquefois dans ces capsules jusqu'à une pinte de

(1) Voir les notes à la fin de l'ouvrage.

liquide, dont un opercule empêche l'évaporation. C'est une ressource précieuse contre la soif, tant pour l'homme que pour les animaux inférieurs; il n'est même pas douteux que ceux-ci connaissent parfaitement ce secours que leur a ménagé la Providence; du moins a-t-il été bien constaté que ceux du genre *simia*, ou de l'espèce des singes, ne sont point étrangers à la connaissance des fontaines naturelles contenues dans les urnes du *nepenthes distillatoria*. Le pin sauvage (*wild pine*), ainsi que le *sarracenia adunca*, etc., dans lesquels se trouvent également des loges pour recevoir et conserver l'eau, doivent être considérés comme de simples réservoirs ou des puits végétaux; tandis qu'il n'en est pas ainsi du *tillandsia* ou *water with* de la Jamaïque et du *cissus latifolia* des Indes, dans lesquels l'eau est évidemment une sécrétion particulière de la plante. Le premier de ces végétaux produit, dans une longueur de deux ou trois pieds, une quantité d'eau suffisante pour étancher complètement la soif; et quand on fait une incision au second, la sève s'en écoule en un filet continu. Le fluide aqueux qui se trouve dans les *urnes* du *nepenthes distillatoria*, appendices foliacés si curieux, est évidemment une sécrétion végétale, car nous avons observé qu'il était contenu dans l'urne *avant* que l'opercule n'eût été soulevé. Nous

donnerons ailleurs le détail de l'analyse chimique de ce liquide et la description du mécanisme admirable de l'opercule. Il existe un phénomène de physiologie végétale qui a beaucoup attiré notre attention, et dont nous avons particulièrement observé un exemple très extraordinaire l'été dernier; nous allons le décrire ici, parce que nous pensons qu'il a quelque rapport avec l'électricité. Sans doute plusieurs courans, ruisseaux et rivières doivent leur origine et leur force à une semblable cause, et ont leurs sources cachées au milieu des profondes retraites des forêts: la pluie doit en effet toujours être plus fréquente, plus abondante et se montrer à des périodes plus rapprochées, dans les contrées couvertes d'arbres, que dans les pays découverts et dépourvus de végétation élevée: c'est un fait de la plus haute importance dans l'*établissement des routes*, et qu'on ne devrait jamais perdre de vue. Le voyageur intelligent, en jetant les yeux autour de lui, se persuadera aisément de cette vérité palpable; plusieurs ruisseaux, et même des rivières, ont disparu dans les localités où l'on a abattu les forêts, et c'est ainsi qu'ont été changés les grands traits de la physionomie de plusieurs contrées. Nous ne doutons pas que dans l'ancienne Calédonie, avant la chute de ses forêts, il ne coulât autrefois de vastes ri-

vières, dont aujourd'hui il ne nous reste aucun souvenir, et dont l'existence nous est seulement révélée par les restes organiques que l'on retire par hasard des dépôts formés dans leurs anciens lits. C'est ainsi que notre intelligent ami Patrick Niell, a prouvé que le *castor* était autrefois indigène en Écosse, quoiqu'on ne le trouve guère aujourd'hui que dans l'Amérique. Le géologue ne devrait pas omettre cette importante vérité dans ses spéculations, car elle résoudrait certainement d'une manière satisfaisante plusieurs problèmes des dépôts d'alluvion.

On peut avoir remarqué que lorsque les routes sont brûlées par le soleil et poudreuses, la surface de la terre, autour de certains arbres, se trouve au contraire tellement saturée d'humidité, qu'il semble qu'une pluie copieuse soit tombée sur ces points favorisés à l'exclusion des autres ; et d'après de nombreuses observations que nous avons faites, ce phénomène paraît s'appliquer particulièrement à l'*orme*. Glas, dans sa relation des Canaries, nous apprend que dans une de ces îles, toute l'eau potable que l'on consomme provient d'une source végétale, et que l'autorité municipale est chargée d'en faire la distribution aux habitans ; des nuages denses, qui s'élèvent de l'océan, sont attirés par les sommités d'un cer-

tain arbre qui croît sur le penchant d'une montagne, la vapeur s'y condense, et tombe en pluie dans un bassin placé au-dessous; aussi a-t-on donné à cet arbre dans le pays le nom d'*arbre à pluie* (raining tree). Au mois de juillet dernier me trouvant dans le voisinage de Strafford, sur la route de Lichtfield, je fus témoin d'un exemple frappant de ce fait: des nuages de poussière s'élevaient sur la chaussée de la route qui était recouverte d'un brouillard épais, malgré cela cependant il ne se déposait de l'humidité que dans le voisinage des arbres et des haies, et dans ces points la précipitation était considérable, spécialement là où il se trouvait un peuplier d'Italie isolé et d'une grande hauteur; autour de ces arbres il tombait une telle quantité d'eau qu'elle ressemblait à une petite pluie, et elle donnait naissance à un ruisseau dont il eût été possible de tirer parti pour faire tourner la roue d'une scierie. Ainsi donc nous pensons que les ruisseaux peuvent être formés par les plantations, et que ce sont elles qui les ont produits; les étangs au milieu des bois ne sont presque jamais à sec, les sources qui les alimentent sont rarement taries, et les propriétaires ne doivent pas perdre de vue cette idée pour l'ornement des paysages. En donnant un grand accroissement à nos plantations de bois, le climat de l'Angleterre peu

être entièrement changé, et, d'un autre côté, par l'introduction des arbres au milieu des plaines les plus arides on peut les transformer en un bon terroir susceptible de culture. Les îles même brûlées par le soleil, comme celles d'Antigoa, etc., seraient mises à l'abri de cette sécheresse désastreuse à laquelle les habitans sont si souvent exposés; et c'est au milieu des *oasis* du désert que l'on trouve les puits remplis d'eau.

Ces remarques pourront être regardées ici comme étrangères à la question principale, quoique cependant elles aient indirectement rapport à notre sujet, et nous pensons que leur utilité leur servira facilement d'excuse.

Nous avons appris qu'une personne qui suit avec beaucoup d'attention toutes les expériences sur l'électricité, aperçut un soir, en revenant chez elle, toutes les pointes d'un buisson d'épines garnies de petites étoiles de lumière électrique; on peut ajouter que, suivant l'opinion de Dutrochet, l'électricité négative donne aux plantes le pouvoir d'*absorption*, et l'électricité positive celui de *sécrétion*.

On connaît depuis long-temps la vertu électrique dont jouissent plusieurs espèces de poissons, tels que le *torpedo*, *silurus electricus*, *gymnotus electricus*, *trichiurus indicus* et le *tetraodon electricus*. Quoique les propriétés particulières de la *torpille*, poisson plat du genre

des raies, fussent bien connues des anciens, il ne paraît pas que celles du *gymnotus electricus* le furent avant la fin du dix-septième siècle; et M. Walsh, le premier, fit voir que ce singulier phénomène était entièrement électrique. Humboldt (1) nous a donné dans ses voyages une description amusante du moyen employé dans l'Amérique du sud pour s'emparer des anguilles électriques, en obligeant à entrer dans l'eau des chevaux sauvages sur lesquels les gymnotes déchargent leur électricité et épuisent leurs forces. Le choc produit par ces animaux se communique librement comme dans l'électricité ordinaire, à travers les conducteurs, mais non pas à travers les corps électriques; et lorsqu'on fait parcourir la secousse produite par un gymnote vigoureux un circuit interrompu, il se manifeste même quelquefois une étincelle. Les organes électriques de ces animaux consistent en une série alongée de colonnes irrégulières divisées par des cloisons horizontales dont la surface a beaucoup de développement; les interstices des cloisons sont remplis d'un fluide qui paraît donner naissance à l'influence électrique. La torpille se trouve dans la Méditerranée et dans les mers du Nord; son poids excède rarement

(1) Voir les notes à la fin de l'ouvrage.

dix-huit ou vingt livres; la rapidité avec laquelle elle communique ses commotions est considérable, puisqu'elles s'élèvent quelquefois jusqu'à cinquante en une minute et demie. Il paraîtrait que ces commotions sont dépendantes de la volonté de l'animal; ses yeux se dépriment au moment où elles ont lieu, et l'on prétend que leur intensité est quatre fois plus grande lorsque le poisson est isolé et entouré d'air. Nous avons appris par le signor Mojon, professeur de chimie à l'université de Gênes, qu'étant en cette ville il essaya de s'assurer par l'expérience si plusieurs torpilles, placées dans des vases séparés et réunis ensuite par des conducteurs, comme dans l'appareil à *couronne de tasses*, pourraient décomposer l'eau à la manière ordinaire : cette expérience n'eut pas de succès, et dans le fait nous ne pensons pas que l'on dût raisonnablement en attendre un; car pour produire l'effet désiré il aurait fallu une série de chocs *simultanés* et une succession continue. La chaleur paraît augmenter la propriété électrique de ces poissons, et l'on dit qu'a rapporté que M. Walsh fut violemment jeté à terre pour avoir mis sans précaution sa main dans de l'eau renfermant un de ces poissons, et que l'on avait par hasard trop échauffée. D'après Spallanzani, lorsque la torpille est près de mourir, ses chocs deviennent plus fré-

quens, mais ils sont aussi plus faibles; suivant lui les individus même les plus jeunes jouissent de la propriété électrique. Le *gymnote*, ou anguille de Surinam, abonde dans les rivières de Surinam et du Sénégal; il a en général environ trois pieds de long, mais il parvient quelquefois à dix ou vingt pieds, et possède alors assez de force pour donner la mort à un homme. Les nerfs, en contact immédiat avec ses organes, sont plus développés que dans les autres parties du système; ils sont en rapport avec la température et avec les milieux de l'air et de l'eau, et cela doit être ainsi, le dernier étant un mauvais conducteur, et le premier lorsqu'il est parfaitement sec, étant doué d'une grande force électrique, perd seulement ce caractère par son mélange avec la vapeur d'eau. Suivant notre opinion l'organe électrique de la *torpille* (et cela peut probablement être étendu à tous les autres animaux électriques) est plutôt destiné à favoriser chez elle le procédé de la *digestion*, qu'à l'aider à saisir la proie dont elle se nourrit. Cette hypothèse a été aussi soutenue dans un des derniers volumes des *Transactions de la société Linnéene*. Les curieuses expériences du docteur Wilson Phillip tendent à prouver que l'influence galvanique produit un résultat analogue à celui de la puissance nerveuse, et il

paraît, d'après les recherches, qu'on l'a souvent substituée avantageusement à celle-ci. D'après les observations précédentes il est évident que le système organique animal a une connexion intime avec l'électricité et que son action se fait sentir non-seulement dans ces poissons nouvellement découverts, mais encore dans *tous* les animaux, quoique néanmoins dans la torpille cette action soit bien plus visible, et son énergie plus rassemblée. Il est par conséquent assez évident que l'électricité atmosphérique doit affecter plus ou moins le système animal, et modifier sa manière d'agir, et cela s'applique également aux procédés de la végétation. Il est bien connu que lorsque l'on frotte le dos d'un chat, il s'en dégage de nombreuses étincelles; mais ce qui l'est moins généralement, c'est que si, frottant le dos d'une main, on applique l'autre sur la gorge de l'animal on éprouve à l'instant une commotion électrique fort distincte; cette expérience, je crois, est due à Glover.

Nous avons, dans un autre ouvrage, attribué à l'électricité la cause du phénomène curieux de *l'ascension de l'araignée* dans l'atmosphère, et les nombreuses expériences que nous avons faites sur ce sujet paraissent en effet devoir lever tous les doutes à cet égard. Nous avons confirmé clairement, dans ces essais, ce que nous

avions soupçonné d'avance, savoir, que le fil ou les fils tendus dans la direction verticale, ou sous des angles diversement inclinés, sont doués de l'électricité *négative;* et que dans un *faisceau* de ces fils, tous possèdent la *même* sorte d'électricité, comme le démontre la divergence des fils partiels et leur répulsion mutuelle. Nous avons aussi établi que lorsque le temps est sec et l'air électrisé *positivement*, l'ascension de l'araignée devient une conséquence naturelle et nécessaire de cette réunion de circonstances, et que dans une telle disposition de l'air, l'insecte s'élèvera *toujours;* enfin comme nous avons déjà dit qu'à l'approche de la pluie l'air est électrisé négativement, l'araignée ne peut pas s'élever, et alors on voit en effet les insectes et leurs fils retomber sur la terre comme des pierres: résultat nécessaire de l'état négatif de l'air. Nous avons reconnu que l'ascension de l'araignée avait lieu par une *forte gelée*, avec une grande vitesse, et aussi facilement au printemps qu'à l'automne; et nous avons rencontré des araignées aéronautes, sur le lac de Genève et sur la mer de Glace, au pied du Mont-Blanc. M. Gay-Lussac ayant remarqué qu'une bulle de savon ne s'élevait pas dans une chambre close, quoiqu'elle pût s'élever à l'extérieur, et ayant attribué cet effet aux courans d'air échauffé qui se dégagent de la surface de la

terre, M. Blackwall a conclu de cette explication que l'ascension de l'araignée est pareillement due à un certain dégagement de chaleur. Nous ne pouvons supposer que M. Blackwall ait eu connaissance des expériences que nous avons citées, puisqu'il n'en fait aucune mention, et nous pensons qu'elles auraient porté la conviction dans son esprit; nous ne pouvons comprendre en effet comment M. Blackwall peut être incliné à refuser aux araignées la faculté de projeter des fils en avant; mais s'il en est véritablement encore à concevoir ce phénomène, nous avouerons nous-même que nous en sommes bien étonnés; et nous pensons qu'il y a encore d'autres propositions hasardées, insoutenables, pour lesquelles les faits sont peu d'accord avec les théories. M. Dillon de Wrexham, observateur studieux et attentif, rempli de zèle pour l'histoire naturelle, nous a fait la faveur de nous communiquer ses ingénieuses observations sur cet intéressant sujet, et c'est avec plaisir que je vais les transcrire ici; elles tendent toutes à donner une nouvelle force aux opinions que nous avons émises, et leur nouveauté les recommande fortement à l'attention des naturalistes. Le fait, dit-il, qui, je me le rappelle, arrêta d'abord mon attention, fut le dépôt considérable d'humidité qui avait lieu sur les toiles de certaines espèces d'araignées,

celles par exemple qui tendaient sur les haies, sur les éminences, et sur le gazon des prairies découvertes, et son absence totale sur aucun fil de ces araignées aéronautes, aussi long-temps qu'elles y restaient attachées. Dans les premiers cas les toiles étaient toutes *détachées* du corps vivant de l'insecte. D'après plusieurs expériences que j'ai faites, il y a lieu de croire que l'humidité seule, sans aucune autre espèce de nourriture, suffit pour soutenir la vie des araignées (ou du moins de plusieurs espèces), pendant une durée de temps fort longue.

J'ai vu deux ou trois fois des araignées descendant dans l'air, et paraissant tomber de très grandes hauteurs, par la raison, à ce que j'imaginais, que leurs fils s'étaient accidentellement roulés en une boule flasque, assez semblable à ces fils de la vierge que l'on voit si souvent descendre de l'atmosphère; il était évident d'ailleurs que cela avait lieu contre la volonté de l'insecte (si je le puis dire), car pendant tout ce temps il paraissait fort occupé, et, se tenant à la surface, il faisait aussitôt sortir un autre fil à l'aide duquel il s'élevait de nouveau, au moment où la balle pesante était tout-à-fait tombée à terre.

Lorsqu'une araignée commence à s'élever de l'extrémité d'une palissade de bois, par exemple, elle paraît ne tenir aucun compte de

la direction du vent, et n'attendre de lui aucune espèce d'assistance, car j'ai souvent observé qu'un fil unique lancé droit au vent (comme le dirait un marin) ne paraissait en éprouver aucune résistance. Quelquefois en descendant des hauteurs de l'air d'une manière lente et régulière, les insectes paraissaient avoir le dessein de s'arrêter près de l'endroit où je me trouvais, mais, en approchant davantage, elles cessaient de le vouloir, et naviguant en quelque sorte autour de moi, elles finissaient par remonter, et rarement dans la même direction d'où elles étaient venues. Ce n'est pas toutefois une seule ligne qui forme le milieu de l'ascension; souvent c'est un faisceau de fils divergens, et quelquefois, deux faisceaux de ce genre; je pense que les différences qu'on observe dans ce cas doivent avoir un certain rapport avec la grosseur de l'araignée et que lorsque ces insectes sont dans l'air ils ont le pouvoir de communiquer à leurs fils un mouvement spiral particulier dont l'effet paraît être de changer leur direction.

La descente de fils de la vierge la plus remarquable qui se soit présentée depuis plusieurs années, est celle qui a eu lieu le dimanche 1er octobre 1826; elle s'étendit en même temps sur un très grand espace, car on l'observa le même jour ici, à Chester, Wigan et Liverpool, et dans ces différentes villes les apparences

furent absolument semblables. On remarque que la chute des fils de la vierge arrive, en général, très peu de temps avant la pluie et quelquefois même l'accompagne, lorsque le temps a été à la sécheresse pendant plusieurs jours; l'air présente alors une apparence remarquable et précisément celle dont je pense que Hook fut témoin lorsqu'il lui vint à l'idée que les nuages étaient formés d'une matière analogue à celle de ces fils.

Le 13 mars dernier j'observai une très nombreuse ascension d'araignées; ces insectes étaient principalement de deux espèces, et d'une grosseur assez considérable; la plupart s'élevaient non pas à l'aide de simples fils, mais au moyen de ces faisceaux en forme de vergettes que nous avons déjà décrits. Je remarquai que tous ces insectes ne montaient pas dans la même direction, mais que souvent au contraire ils s'enlevaient dans des directions opposées l'une à l'autre. J'avais sur moi une petite boussole très délicate, de Jones de Londres, qui me permit de déterminer avec précision que dans tous les cas, sans aucune exception, l'ascension se fit à angle droit avec le méridien magnétique.

Il n'entre pas dans le plan de cet ouvrage d'examiner d'une manière approfondie les principes des nombreuses expériences par les-

quelles nous avons appuyé notre opinion que l'élévation des araignées dans l'air est un phénomène entièrement électrique ; opinion que M. Blackwall a essayé de détruire, en termes très peu mesurés et fort peu courtois. Nous avons déjà fait connaître ses idées sur ce sujet, et nous laissons entièrement et avec sécurité la solution de la question à l'intelligence des lecteurs. J'examinerai plus en détail dans un autre endroit (1) sa manière de voir, qui cependant n'a pour se recommander ni l'avantage de la nouveauté, ni celui de données exactes ou qui ajoutent à ce que le public savait déjà, quelques expériences nouvelles confirmant les principes de l'ascension aérienne. Nous pensons cependant que quelques remarques qui se rattachent à cette question ne seront pas déplacées ici ; elles sont dues à notre ami M. Dillon qui en a donné communication le 5 mai dernier.

« Je crois maintenant pouvoir regarder » comme démontré ce qui n'était d'abord » qu'une conjecture, savoir, que le nombre » des fils divergens à l'aide desquels j'ai vu » les araignées s'élever est toujours en rap» port avec la grosseur de l'insecte, et que ce

(1) Seconde édition de mes *Experimental Researches on natural History*.

» n'est que le plus petit, tel que *l'obstetrix* » par exemple, qui n'en émet qu'un seul ; et » il me semble que la saison actuelle, pendant » laquelle, on en a à peine vu quelques uns, » vient merveilleusement appuyer vos argu- » mens. » En publiant quelques remarques sur cette question dans le *London's Magazine of natural History*, j'ai cité un extrait de la lettre qui me fut adressée par un de mes amis J. E. Bowman, dans laquelle il décrit un phénomène dont l'explication peut seulement être donnée par les principes que j'ai admis comme conséquences d'expériences directes. Dans le cas dont il s'agit l'insecte s'élevait à l'aide de deux faisceaux distincts de fils divergens, faisant entre eux un angle obtus (la figure explicative est jointe à la description); et le professeur Brande, dans le *Journal of Science*, a dit qu'il était présumable, sinon rigoureusement prouvé, que les fils se trouvaient électrisés. M. Blackwall néanmoins semble ignorer ou oublier, quoique Bennet et d'autres l'aient trouvé depuis long-temps, que lorsque l'on souffle de l'air sur le disque d'un électromètre sensible, l'instrument donne à l'instant des signes d'électricité ; et néanmoins il ajoute cette circonstance qu'une araignée isolée par l'eau ne lancera point ses fils pour s'échapper à moins que l'on ne souffle

sur elle ; et qu'un insecte n'émettra aucun fil pour s'élever, à moins qu'il ne soit favorisé par le vent ou un courant d'air. Toutes ces circonstances, même d'après sa manière de voir, viennent entièrement à l'appui de nos idées, et n'ont aucune connexion possible avec son hypothèse, qui établit que l'araignée aéronaute s'élève en vertu des courans échauffés qui émanent constamment de la surface de la terre. En premier lieu l'existence de ces courans est une supposition purement gratuite et fort problématique ; et quand bien même elle serait clairement démontrée, encore ne se lierait-elle pas à la cause qui en quelque sorte *force* les insectes à lancer des fils. Et dans cette hypothèse d'un simple courant d'air, chaque fil lancé « dans la bouche » d'un tel courant devrait nécessairement être doué d'électricité. Lorsque l'atmosphère est électrisée positivement, l'ascension des araignées est plus ou moins rapide suivant la tension électrique. Lorsque le ciel est sans nuages, le soleil brillant, et le milieu électrisé positivement, l'ascension est toujours certaine de même que la descente ne manque pas d'avoir lieu lorsque l'air passe plus ou moins à l'état négatif ; c'est pour cela que pendant la *nuit* la chute des araignées est si uniforme et leur nombre si incroyable. Pendant les instans de repos

mière de leur élévation aérienne. Enfin, me trouvant au mois de juillet dernier, à Devonport, à bord du royal Adélaïde, vaisseau de 120 canons, qui était en réparation, l'officier du bord m'informa qu'il était contrarié par de petites araignées qui descendaient sur le vaisseau par un vent d'est sec.

CHAPITRE VII.

Inégale distribution de la température. — La forme météorologique des nuages dépend de leur caractère électrique. — Rosée. — Pluie. — Grêle.

Dessaignes a fait voir que la chaleur modifie l'espèce et la quantité d'électricité ; qu'il s'en développe toutes les fois qu'un corps quelconque est inégalement échauffé, et qu'ainsi on peut regarder comme assuré qu'une distribution inégale de chaleur et d'humidité dans l'atmosphère déterminera toujours la formation d'un orage. Nous fûmes extrêmement surpris du changement rapide de température qui eut lieu pendant un orage sur les bords du Rhin en 1825 ; les extrêmes de ces variations de température s'élevaient jusqu'à près de 8°, et les oscillations étaient excessivement brusques. les configurations curieuses des nuages, leurs nombreux déploiemens et leurs modifications diverses ne doivent leur existence et leurs changemens qu'aux forces et aux influences électriques. M. Howse, qui a fait des voyages très étendus dans les régions de

l'Amérique septentrionale et parmi les Esquimaux, et dont la hutte est marquée sur la carte de Arrowsmith, m'a fait mention d'un phénomène atmosphérique très extraordinaire, dont il fut témoin par 57° environ de latitude : l'atmosphère tout entière paraissait remplie de *tourbillons* et de *cercles* dans un mouvement continuel, s'élargissant et venant tomber les uns dans les autres, et décorés de belles couleurs *rouges, vertes,* etc. Cette apparence dura plusieurs heures et fut observée dans le même temps par une autre personne, quoique éloignée d'environ 150 milles. Les physiciens admettent que les nuages sont des aggrégations visibles de très petites particules aqueuses tenues en suspension dans l'atmosphère ; dès lors ils cessent d'être perceptibles, lorsque leur petitesse ou leur diffusion est devenue trop grande, ou lorsqu'ils se dissolvent de nouveau dans l'air, ou enfin lorsque se résolvant en pluie, ils s'anéantissent tout-à-fait. Nous devons à M. Howard une classification et un arrangement méthodique des nuages ; il les comprend sous les termes généraux de *cirrus*, *cumulus* et *stratus ;* ceux-ci se combinent et se mêlent ensemble en produisant les nuages intermédiaires *cirro-cumulus* et *cirro-stratus ;* et il y a aussi un *cumulo-stratus* et une combinaison des trois nuées formant le *cirro-cumulo-stratus*,

nimbus ou nuage à pluie. Généralement parlant les trois formes de nuages simples sont situées à divers degrés d'élévation dans l'ordre où nous les avons placés, le *cirrus* étant toujours le plus élevé et le *stratus* le plus bas; celui-ci paraît même en général reposer sur les bornes de l'horizon. Le *cirrus* a été appelé le *protée* du ciel, à cause de ses fréquens et rapides changemens; c'est le premier nuage que l'on voit dans un temps clair; il est quelquefois en pinceau, en fils réunis ou fibreux, et souvent son extrémité ressemble à une brosse. Cette forme de nuage peut être regardée comme directement opposée à celle du *nimbus* ou nuage orageux, qui est ordinairement accompagné d'un temps sec, du vent d'Est et de météores lumineux ou d'étoiles tombantes. Le *cumulus* affecte la forme de flocons ou d'espèces de toison de laine, ou de lambeaux détachés, agissant comme écran pour intercepter les rayons du soleil. Avant la pluie, le *cumulus* augmente rapidement et descend à un plan inférieur dans l'atmosphère. Dans quelques cas, il présente des masses hémisphériques semblables aux chaînes des Alpes avec leurs sommets laineux. Quelquefois on les voit se dissiper aussitôt que formés, ou d'autres fois ils se rassemblent en grande masse. Toutes ces modifications et ces réunions sont, sans aucun doute, les ef-

fets d'un changement électrique. Lorsque le *cirrus* et le *cumulus* se réunissent pour constituer le *cirro-cumulus*, ils présentent cette apparence que Bloomfield a comparé

A l'élégant tableau d'un troupeau qui repose.

Le *stratus*, d'après ce que nous avons dit déjà, est le nuage le plus inférieur; il repose sur le plan de l'horizon, ou s'arrête sur la terre ou l'eau; on lui a donné le nom de *nuage de la nuit*, parce que le matin il s'élève dans l'atmosphère et qu'il s'abaisse vers le soir. Il faut rapporter au *stratus* ou à ses modifications les brouillards épais de l'automne et de l'hiver, ainsi que les brumes qui enveloppent souvent les voyageurs dans les montagnes. Les brouillards légers qui glissent et s'avancent lentement dans les vallées pendant les soirées d'été sont en général blancs, et présentent un aspect intéressant et d'une rare beauté, lorsqu'ils sont argentés par les rayons de la lune. Lorsque le ciel est moutonné par le *cirro-stratus*, il en résulte ordinairement ce que l'on a nommé *le temps pommelé*; le matin et le soir il est fréquemment orné des plus vives couleurs, et sert de fond aux teintes les plus brillantes et les plus animées: celles qui y dominent sont principalement le pourpre,

le cramoisi, la laque et l'écarlate. Quand le soleil est presque horizontal et accompagné d'un brouillard, il réfracte différentes couleurs, parmi lesquelles le jaune, l'orangé et la couleur d'or sont celles que l'on y observe le plus fréquemment. Les apparences du *cumulo-stratus* sont assez variables; il paraît comme un *choufleur* ou un immense champignon, et d'autres fois il ressemble à une chaîne de montagnes aux sommets argentés par la neige: avant un orage accompagné de tonnerre, le *cumulo-stratus* devient rougeâtre. M. Forster décrit de la manière suivante le *nimbus* ou nuage orageux: Dans un temps d'orage, on peut remarquer que les *cumuli* s'élèvent en forme de montagnes, et se changent en *cumulo-strati*, tandis que de larges nappes de *cirro-stratus* viennent pénétrer leur sommet; l'ensemble de ces nuées offre alors l'aspect d'une rangée de monts, traversés par les immenses flèches des géans; après avoir conservé pendant quelque temps cette forme, la masse s'élargit, les nuages deviennent irréguliers, leur obscurité augmente, jusqu'à ce qu'enfin ils semblent concentrés en une seule masse dense et noire, dont le sommet est entouré d'une couronne sous laquelle les cumuli déchirés entrent par le bas; et bientôt enfin tout se résout en pluie. On a trouvé que le *stratus* est parmi les diverses formes de

nuages celui qui est le plus chargé d'électricité *positive;* et l'anastomose et la réunion des diverses variétés de nuages, ainsi que leur condensation et leur résolution finale en pluie, sont autant de modifications et d'états différens du fluide électrique, qui enfin rassemblé dans un seul nuage orageux, laisse alors échapper ses élémens destructeurs. On a souvent remarqué que le *stratus* restait suspendu au-dessus de la surface des lacs, comme à Windermere, etc., et qu'étant attiré par les montagnes, il déchargeait contre leurs flancs son électricité, ainsi que le ferait une batterie électrique. M. Glover, célèbre peintre de paysage, m'a dit qu'il avait souvent été témoin de ce phénomène.

M. Wells (1) a donné dans sa théorie de la *rosée* une solution élégante du problème de sa formation et des causes qui la précèdent; tout le phénomène suivant lui dépend du rayonnement, dont une atmosphère *tranquille* et une nuit *sereine* sont les conditions nécessaires. La chaleur qui rayonne des corps en contact avec la surface de la terre abaisse leur température au-dessous de celle de la couche d'air qui les touche immédiatement; il en résulte une précipitation d'humidité sur leur surface, ou en d'autres

(1) Voir les notes.

termes une formation de *rosée*. Les corps qui conduisent le mieux le calorique, sont les premiers couverts de rosée; ainsi des barreaux d'argent et de cuivre se trouveront mouillés plus tôt que ceux d'or ou de platine. La production de la rosée repose absolument sur le même principe par suite duquel il se produit un dépôt d'humidité sur la surface extérieure d'un vaisseau de verre que l'on place dans une chambre chaude après l'avoir rempli d'eau fraîchement tirée d'un puits. La *pluie* est formée des particules aqueuses condensées qui se précipitent du *nimbus*; elle est plus ou moins violente et plus ou moins dense par rapport aux gouttes qui tombent, suivant la tension de l'électricité qui environne le nuage; car l'électricité, lorsqu'elle se trouve rassemblée en grande quantité, finit par briser l'enveloppe qui la retient, et dans sa chute entraîne avec elle toute l'eau contenue dans le nuage; la violence de la pluie dépendra donc de la proportion de l'électricité accumulée dans le nuage, et de sa rupture plus ou moins soudaine. On a fréquemment observé que la pluie qui tombe est électrisée quelquefois positivement, d'autres fois négativement. La *neige* est de la vapeur d'eau congelée, qui souvent présente des configurations élégantes et très variées. Le rév. Colin Smith a donné dans le *Édimburgh*

philosophical Journal la description d'une chute de neige lumineuse (1). Vers la fin de mars 1813, plusieurs personnes revenaient de Bens-Cruachan, dans l'Argileshire, lorsque traversant le lac en bateau, elles furent surprises par une tempête accompagnée de neige. Le lac, qui était uni comme un cristal, le bateau, leurs vêtemens, et tout ce qui était autour d'elles, offrit tout-à-coup une surface lumineuse, formant un immense rideau de feu; les parties mêmes de leur corps exposées à l'air, participèrent au phénomène, car, aux yeux les unes des autres, elles paraissaient brûler, quoique cependant aucune d'elles ne ressentît la moindre chaleur. Lorsqu'on appliquait les mains sur la neige fondante, la substance lumineuse, ainsi que l'humidité, y devenaient adhérente. La neige conserva cette propriété pendant douze ou quinze minutes, et il n'est pas douteux que ce phénomène était entièrement électrique. On peut regarder la *grêle* comme des gouttes de pluie congélées, généralement arrondies, contenant un noyau opaque, et dont les couches extérieures ou les coquilles sont plus ou moins transparentes; les grêlons ont quelquefois une dimension considérable, et sont même souvent des fragmens de

(1) Voir les notes.

glace pure de plusieurs pouces de diamètre (1). De cette espèce sont les grêles qui ont lieu par fois en France, en Suisse et en Italie, et qui produisent de si grands ravages dans les champs de blé et les vignes. Ces précipitations de morceaux de glace sont accompagnées de tonnerre et d'éclairs, et semblent être l'élément et la production immédiate des nuages orageux. Quoique dans la Grande-Bretagne de semblables calamités soient *comparativement* assez rares, et les dégâts qu'elles causent assez bornés, cependant la perte qui en résulte chaque année est très considérable. Les orages avec grêle ont lieu pendant l'été ou dans l'automne, et lorsque l'atmosphère est dans un état de forte tension électrique; ils sont partiels et locaux, et sont nécessairement bornés à l'étendue des agglomérations atmosphériques dont on a déjà parlé; et comme le nuage orageux est lui-même assez limité, et s'avance dans une direction particulière bien déterminée; il ne sème que sur son étroit passage les élémens de destruction renfermés dans ses flancs. Il paraîtrait maintenant que la précipitation

(1) Nous avons appris qu'une personne a recueilli il y a quelque temps des fragmens de glace qui tombèrent dans le Derbyshire pendant un orage, dont les uns avaient 5 pouces de diamètre, et d'autres jusqu'à 6 pouces, ce qui fait un demi-pied de circonférence.

de la grêle est déterminée par quelques circonstances particulières, comme par exemple une chaîne où le sommet de quelque conducteur imparfait, tels que les sommets des montagnes, ou les angles saillans et les masses fragmentaires des rochers; et lorsque une fois l'unité du nuage orageux a été entamée, sa marche dans le ciel n'est plus indiquée que par la ligne de désolation qu'il trace à la surface de la terre. Il y a plusieurs années, un fermier du Lincolnshire perdit par une grêle accompagnée d'éclairs et de tonnerre, au-delà de plusieurs mille livres, et le dégât causé dans les vitres de ses serres-chaudes fut incalculable. Le 1er novembre 1826, la grêle tomba dans le voisinage immédiat de Wolverhampton, et, par l'effet de ce fléau destructeur, un propriétaire eut pour plus de cent cinquante livres sterling (quatre mille fr.) de vitres brisées; une mouette qui semblait avoir été enlevée par le tourbillon, tomba presque sans vie près de la barrière, où elle fut ramassée. Mais sur le continent les visites de ce météore sont bien plus redoutables; en quelques minutes, les champs de blé et les vignobles sont entièrement dépouillés; et je me souviens d'avoir vu auprès de Vérone un champ de blé indien tellement dévasté, qu'il semblait avoir été nivelé par la faux. La chute de grêle la plus

remarquable en Angleterre, de notre temps du moins, est celle qui eut lieu le 2 mai 1811, dans le voisinage de Shrewsbury; et comme, à notre connaissance, elle est unique dans l'histoire de notre climat, nous pensons qu'on ne trouvera pas sans intérêt une description tirée des sources les plus authentiques. Elle nous rappelle beaucoup de points de la scène de désolation qui affligea le Valais en 1818, lorsque se fit la rupture de la barrière de glace qui retenait les eaux descendues des glaciers du Gietroy, et qui avaient formé un lac de 200 pieds de profondeur.

La catastrophe de 1811 fut attribuée au déchirement d'un nuage, et la description suivante est extraite d'une lettre d'un de mes amis qui s'occupe particulièrement de la météorologie : L'orage éclata sur la commune de Stipperstone-hill, à environ cinq heures après midi, dans le mois de mai. Les circonstances qui le précédèrent furent une atmosphère nébuleuse, un grand calme de l'air, une chaleur accablante dans les lieux bas, quoique les montagnes aient été couvertes de grêle immédiatement après; et à Pontesbury, village distant du premier lieu d'environ un mille, il tomba une quantité de grêle qui couvrit le sol à un pied de hauteur, et la plupart des grêlons avaient deux pouces de circonférence; l'orage

était accompagné d'éclairs brillans, et d'un fort bruit de tonnerre. Le grand torrent d'eau produit par la pluie, se divisa en avant du village de Minsterley; mais à Pontesbury sa profondeur était de vingt pieds, il fit presque instantanément sortir de leurs lits les rivières et les ruisseaux, et se répandit à plusieurs milles sur le pays environnant. Le dommage occasioné par ce terrible fléau, s'éleva à 15,000 liv. st. (375,000 fr.), et il périt plus de cinquante individus. Il fut évidemment prouvé que vers le moment de la catastrophe l'air était très fortement chargé d'électricité, et on en attribua généralement la cause à la condensation des bords d'un immense nuage qui vint se mettre en contact avec les pointes raboteuses de la montagne. L'orage s'avança dans la direction de Worcester, et creva sur ce point avec une épouvantable chute de grêle, ou pour mieux dire de fragmens de glace de 5 ou 6 pouces de circonférence, dont le passage était marqué par une dévastation complète. La Severn s'éleva de 6 pieds en une heure, et continua de monter jusqu'à vingt pieds. La tourmente était aussi accompagnée de torrens de pluie, de coups de tonnerre, et d'éclairs éblouissans. Nous avons appris que cette grêle a causé de grands dommages à Worcester, et que les fenêtres de la maison de ville (town-

hall) furent brisées en morceaux. Nous empruntons au *Shrewsbury Chronicle* des détails encore plus circonstanciés de cet évènement, et qui méritent une mention plus particulière. « Lundi après midi, un violent orage accompagné de grêle, de tonnerre et d'éclairs, a porté au loin ses ravages, mais particulièrement au S. O. de la ville de Shrewsbury. L'air était étouffant, les éclairs brillaient d'un éclat extraordinaire, et des personnes qui se trouvaient auprès de Minsterley disent que le bruit du tonnerre ressemblait à la décharge de plusieurs canons tirés au-dessus de leurs têtes; auprès de White-Grit il tomba près d'un pied de grêle de deux pouces de circonférence. A cinq heures du soir environ, la nuée creva sur les cimes des monts Stipperstones, et des torrens d'eau se précipitant sur leurs flancs entraînèrent avec une force irrésistible et un fracas épouvantable plusieurs petites maisons des mineurs de White-Grit. Une partie de cette immense masse d'eaux se dirigea vers Habberly, mais le plus grand volume poursuivit sa course dans la vallée où coule le ruisseau de Minsterley. Les bâtimens environnant l'habitation de M. Naylor, d'Hoxton-Mill, et tous ceux qui se trouvaient sur son passage, furent détruits, et nos lecteurs pourront se former une idée du volume et de l'impétuosité du

torrent, quand on leur dira que parmi beaucoup d'arbres déracinés, l'un d'eux, qui avait environ quatre-vingts pieds d'équarrissage, fut entraîné dans la prairie à plus d'un mille de distance.

» Entre cinq et six heures l'inondation atteignit Minsterley, remplissant d'eau presque toutes les maisons du village. M. Vaughan, cultivateur, fut enlevé de sa ferme, et entraîné à plusieurs centaines de pieds de là sur le pont, où le courant le déposa sur le parapet, d'où il parvint à atteindre le toit d'une maison et à se sauver. Sa sœur emportée également à une grande distance, s'arrêta dans les branches d'un arbre, mais elle a été tellement meurtrie que l'on désespère de la sauver; il ne reste aucune trace des écuries, et trois chevaux seulement ont échappé au désastre. Treize personnes ont été sauvées comme par miracle dans l'auberge d'Angel: à la première alarme elles montèrent à l'étage supérieur, et quand l'eau eut gagné le second, elles se réfugièrent sur le toit. Les écuries et tous les autres bâtimens de l'auberge furent emportés; il y avait alors dix-sept chevaux qui furent noyés. Les étables du rev. M. William, et une partie des murs de l'église ont aussi été rasés et trois personnes ont péri dans ce village.

» La scène de désolation se passa ensuite à Pontesford, et il suffira de rapporter ses ravages sur un seul point; là le torrent se précipita dans la maison de M. Heighway à travers les fenêtres, jusqu'à ce que les murs lui eussent enfin livré passage; la vénérable grand'mère, de M. Heighway, âgée de 83 ans, deux servantes et un garçon de charrue, furent emportés dans l'abîme; pendant ce temps la femme de sir Heighway et une autre dame s'étant sauvées sur le toit de la maison aperçurent M. Heighway se cramponant à une perche que deux hommes placés sur le pont à environ trente pas de distance, lui avaient tendue et s'efforçaient de retirer. M. Bennet, directeur des mines de houilles de Pontesbury, et deux autres personnes s'étaient réfugiées dans un grenier, où se croyant elles-mêmes en sûreté elles adressaient des prières à Dieu pour la délivrance de celles qui se trouvaient sur le pont dont une partie était déjà écroulée, lorsque le bâtiment fut emporté, et ces malheureux périrent tous; leurs corps n'avaient pas encore été retrouvés après plusieurs jours de recherches. On estime que la perte qu'a éprouvée M. Heighway s'élève à plus de 4,000 livres (100,000 francs). Sa maison, à l'exception du pignon dans lequel sa femme et ses compagnes furent miraculeusement sauvées, est presqu'en-

tièrement détruite, ainsi que les instrumens, les écuries, les granges, hangards, des fosses à tan, des peaux, des écorces, etc.; tous les arbres du verger sont arrachés : l'eau dans cet endroit avait au moins vingt pieds de profondeur.

» A Minsterley l'eau s'éleva de 6 à 8 pieds dans les maisons; le moulin et le bâtiment de Platt furent entraînés.

» A Hanwood le dégât causé dans les filatures de lin de Marshall, de MM. Atkinson et compagnie, est immense. Le dépôt de farines, et les maisons appartenant à M. Blower et à M. Pickering ont été fort endommagés, et on peut dire en réalité que tous les ponts et tous les moulins qui se trouvaient sur le passage du torrent ont été ou détruits ou fortement ébranlés. M. Warter de Cruck Meale a eu une de ses vaches entraînées, et M. Roger une autre.

» Le torrent suivant le cours du ruisseau de Meale, se précipita avec un mugissement effroyable à environ dix heures et demie du soir, sur Colcham, l'un des faubourgs de la ville. Les caves et les rez-de-chaussées de l'auberge des Sept Étoiles, et tous les bâtimens environnans furent remplis d'eau; la rue qui est en face du bureau de M. Hulbert, fut recouverte de trois pieds d'eau par un débordement subit. Dans ce moment le bruit occasioné par le torrent était

d'une force effrayante, et les cris: Au secours! au secours! je me noie, augmentaient encore l'effroi. La force de ce grand cours d'eau se jetant du Meale dans la Severn, vint alors détourner le courant ordinaire de cette rivière qui, auprès du pont Anglais, s'éleva de quatre pieds en dix minutes. Abbey, Mill et les jardins contigus ont éprouvé beaucoup de dommages. Le courant qui coulait sous le pont Colcham entraîna avec lui une portion d'un champ appartenant à M. Birch, et enleva ainsi au propriétaire plusieurs centaines de pieds carrés de terrain.

» Nous ne pouvons donner qu'une faible idée de toutes les calamités que nous avons éprouvées; peu accoutumés dans l'intérieur des terres à de pareils fléaux, aucune imagination ne peut se représenter l'état de désolation où nous sommes plongés. Il est impossible de calculer la valeur à laquelle s'élèvent les propriétés endommagées ou totalement détruites. Plusieurs centaines de mille liv. seront insuffisantes pour réparer les dommages et compenser les pertes éprouvées par l'agriculture et les propriétés de toute espèce. Nous avons entendu dire que dans les paroisses de Pontesbury, Worthon et Westbury, trois mille acres de terre au moins ont été couverts d'eau. Le nombre des chaumières renversées n'est pas encore exactement

connu. Et qui peut peindre la douleur de tous ces malheureux paysans avec leurs familles, se trouvant maintenant sans asile, et dont les champs ont été ravagés !...» Telle est la description de cet effroyable désastre, et nous pensons que le tableau n'est nullement chargé. Les Stipperstones sont une chaîne de rochers s'élançant en un nombre considérable de petites pointes, qui agissent sur le nuage orageux comme autant de conducteurs imparfaits et sans aucune chaîne pour conduire rapidement le fluide dans le réservoir commun, et qui par conséquent tendent à déterminer la chute de la foudre et de la grêle, sans avoir d'ailleurs aucun moyen de les détourner. Or maintenant quelle garantie un pareil canton peut-il avoir contre le retour d'une semblable catastrophe? Aucune. Ce peut être un évènement fort rare, et qui dans l'avenir ne se renouvellera pas de longtemps; mais aussi il peut arriver qu'il vienne encore les affliger dans cette saison même; ou à la saison prochaine; à notre avis une double ligne de paragrêles plantés sur le sommet de la chaîne des Stipperstones pourrait probablement, nous dirons même très certainement, prévenir le retour de ce fléau, et sauver la contrée d'un désastre si redoutable. La description que nous avons rapportée nous permet de nous former quelqu'idée de l'étendue du nim-

bus et de l'étonnante quantité d'eau qu'il récèle quelquefois dans son sein. Nous concevons par là ces torrens d'eau qui tout-à-coup viennent couvrir les plaines, font sortir les fleuves de leur lit, et qui dans les tropiques, pendant la mousson, au milieu du fracas épouvantable du tonnerre, élèvent les eaux du Gange, et inondent les plaines de l'Indostan. Nous avons également entendu parler d'une masse immense de glace, qui tomba dans l'Inde, et qui d'après l'expression des naturels du pays était aussi grosse qu'un *éléphant*. Or quoique nous devions retrancher de ce rapport ce qu'il peut avoir de trop oriental, il restera toujours comme un fait incontestable, qu'il a dû tomber dans les environs de Mysore une masse de glace d'une grandeur énorme. Les renseignemens que nous avons obtenus à ce sujet nous ont été directement transmis par un officier supérieur, qui a long-temps habité l'Inde, et est très versé dans la littérature orientale. Ayant été informé par l'un des officiers de la cour du Rajah que plusieurs années auparavant un semblable phénomène avait eu lieu dans un village distant d'environ trente milles, il s'y rendit lui-même, et s'assura de la vérité du récit en recueillant séparément les témoignages de plusieurs indigènes; d'après eux, cette masse était aussi grosse qu'un éléphant, ressemblait à un cristal, brûlait les doigts lorsqu'on

venait à la toucher, et cela pendant tout le temps qu'elle mit à fondre. Ce phénomène extraordinaire offre autant de difficultés dans son explication que les pierres météoriques; et ici nous ne pouvons pas supposer que notre globe soit entouré d'une zone de pareilles masses glacées flottant dans l'espace; nous ne pouvons pas davantage imaginer qu'elle vienne de la lune, ou des planètes plus petites qui décrivent leurs orbites excentriques entre Mars et Jupiter, encore moins d'Uranus, limites de notre système planétaire, autant que l'astronomie moderne a pu le déterminer.

Les journaux étrangers donnent la description suivante d'un ouragan terrible qui désola le royaume de Hanovre: « Le 21 juin 1828, à deux heures et demie environ, le Hanovre fut frappé de la grêle; les grêlons avaient la grosseur d'œufs de canard; tous les panneaux de vitres qui se trouvaient dans la direction du vent et presque tous les toits furent brisés; les morceaux de glace avaient la forme d'un navet et pesaient trois ou quatre onces: l'orage dura quatre minutes, et il fallut plus de six heures pour que tous les fragmens de glace fussent fondus. Toutes les fenêtres de la ville et des faubourgs furent mises en pièces; les rues se couvrirent de morceaux de glaces à la hauteur d'un pied; les fruits furent détachés des arbres,

et leurs branches rompues, les oiseaux dans l'air furent tués; tous les jardins et les champs environnans ont été dévastés; plusieurs personnes ont été grièvement blessées; un grand nombre de bestiaux a péri; et le dommage est incalculable (1). »

(1) Voir les notes.

CHAPITRE VIII.

Description d'un orage.—Moyens personnels d'éviter le danger.—Effets de la foudre.—Paralytique guéri. — Magnétisme communiqué. — Effets bienfaisans de l'orage.

Nous avons déjà décrit le *nimbus* comme étant le vaste laboratoire de la foudre. Quand l'orage se prépare, on aperçoit au loin des lignes horizontales toutes parallèles les unes aux autres et une espèce de plan de vapeurs épaisses; ce plan devient graduellement plus obscur et plus dense et des nuages, dont les parties supérieures sont unies et bien prononcées, mais dont la base est obscure et menaçante, s'arrêtent au-dessus de lui. Quelquefois ce volcan aérien paraît augmenter de volume en attirant à lui les autres nuages qui sont à sa portée et qui semblent venir s'y précipiter; tandis que d'autres fois son accroissement ne paraît avoir aucune cause visible. A la fin la nuée se met en mouvement; les éclats de tonnerre, les éclairs et la pluie s'en précipitent, jusqu'à ce qu'ayant épuisé, pour ainsi dire, toutes ses

munitions, le *nimbus* se sépare en deux parties qui s'élèvent dans l'immensité de l'air, en laissant à découvert un ciel pur et serein. On attribue le roulement du tonnerre à l'irrégularité des surfaces environnantes par lesquelles le son est répercuté et renvoyé en échos multipliés. En mer, où de pareils accidens ne se rencontrent pas pour réfléchir le son, il est nécessairement plus régulier, il décroît sucessivement d'intensité, et s'éteint en mourant dans les airs. La succession des sons présuppose donc l'existence de corps capables de réfléchir les ondes sonores, et leur intensité, ainsi que leur durée, varieront avec la situation, la distance et la nature des surfaces réfléchissantes indépendamment de tout rapport avec l'intervalle entre les coups du tonnerre. On peut observer le même phénomène lorsque l'on décharge une pièce d'artillerie; quand le bruit succède immédiatement à la flamme, on n'entend qu'une simple détonation d'un son particulier, et, dans ce cas, la décharge a eu lieu non loin de l'observateur. On peut aisément calculer la *distance* d'un orage en observant le nombre de secondes écoulées entre l'éclair et le coup de tonnerre. L'éclair n'emploie dans son trajet qu'un temps extrêmement court, tandis que le son se meut avec une vitesse de 1142 pieds ang. (346 mèt.) par seconde. Ainsi ce nombre de

pieds multiplié par la quantité de secondes de temps écoulées, indiquerait exactement la distance, si la transmission de l'éclair était instantanée ainsi que celle de la lumière. Cela cependant n'est pas entièrement exact, et serait seulement la mesure du danger comme indiquant la source de l'éclair dans la décharge qui vient d'avoir lieu. Car le nuage, foyer de l'orage, est encore en mouvement, il change de position, et paraît même souvent soumis à des variations inexplicables. Quelquefois plusieurs orages éclatent simultanément dans des points fort distans d'un même pays, ce qui semblerait indiquer que l'électricité de l'air est répandue sur un fort grand espace. L'éclair peut être soutiré de l'atmosphère par l'effet d'une décharge électrique et le son n'est que la commotion produite par le refoulement des couches élastiques de l'air et leur retour brusque dans les vides produits par la force explosive.—Il semblerait qu'il y a deux espèces d'éclairs; l'une, et il paraît que c'est la plus dangereuse, est d'un éclat brillant, et suivie immédiatement d'un fort coup de tonnerre semblable au bruit d'une décharge d'artillerie; l'autre a une lumière plus large et est précédée par un roulement de tonnerre. Nous avons vu quelquefois ces deux espèces d'éclairs alterner dans un même orage. Les éclairs diffèrent entre eux, non

seulement par l'intensité et la vivacité de leur flamme, mais encore par leur couleur qui est quelquefois très brillante, et d'autres fois bleuâtre; et nous nous souvenons d'avoir vu à Sion, en Valais, des éclairs d'un bleu foncé, qui se succédèrent constamment pendant toute la nuit, à des intervalles de temps à peine appréciables. L'éclair le plus intense est celui qui affecte la forme de zig-zag, et que l'on appelle l'éclair fourchu, ce qui, tout en indiquant une concentration considérable, montre aussi la forte résistance que l'air atmosphérique oppose à ses progrès. L'éclair de chaleur, ou l'éclair sans bruit, est une décharge tranquille qui se fait d'un nuage à un autre, ou la réflexion d'un éclair dans le sein d'un nuage qui cache le point d'excitation; s'il n'est accompagné d'aucun son, on doit l'attribuer à la grande hauteur à laquelle la décharge s'est effectuée, et c'est certainement ce qui a lieu dans les temps où l'on peut supposer que les nuages se tiennent à une élévation considérable. La partie la plus curieuse de leur histoire est qu'on les voit toujours à l'horizon, et les coruscations qui brillent dans les nuages, retenus sur les sommets des Alpes, sont d'une grande beauté; les éclats de flamme sont plus brillans encore lorsque des nuages bien terminés se dessinent dans l'espace. La majeure partie des éclairs

se décharge d'un nuage à l'autre, lorsque chacun est doué d'une espèce d'électricité opposée; et les circonstances où le feu électrique vient frapper la terre sont comparativement assez rares. Dans ces derniers cas l'effet est dû à ce que la tension est assez considérable pour pouvoir dépasser la sphère d'explosion, comme on le dit en électricité, et ses effets sont proportionnels à la propriété conductrice du milieu, et à la concentration de la masse, ou, en d'autres termes, à la résistance que la foudre rencontre dans ses progrès vers la terre, et à la difficulté ou l'aisance qui se présentent à sa dispersion finale dans le sol. Un fil de cuivre suffit quelquefois pour la conduire avec beaucoup de sûreté, tandis qu'un fil de fer peut, au contraire, être réduit en vapeur; et si, dans le premier cas, il n'y avait qu'un simple fil, il se trouverait également fondu par le torrent de l'électricité accumulée. Quelquefois la foudre monte de la terre vers le ciel; nous n'avons qu'une seule fois été témoin d'un exemple de ce fait, mais si remarquable qu'il n'était pas possible de s'y méprendre : l'éclair ascendant se mouvant en forme de *spirale*. On cite plusieurs effets électriques qui paraissent réellement tout-à-fait inexplicables, tels, par exemple, que celui d'un ouvrage en briques qui fut enlevé en entier et transporté à une

distance notable. — Ces effets pourraient bien avoir quelque rapport avec ce que l'on appelle le *choc en retour*. Afin d'éclaircir ce dernier phénomène, supposons qu'un nuage électrique en forme d'arc s'étende sur une surface considérable; si une décharge a lieu à l'une des extrémités de l'arc contre un point de la surface de la terre, à l'instant, pour rétablir l'équilibre, une décharge électrique ascendante aura lieu de la terre vers l'autre extrémité de l'arc; c'est ce qu'on nomme choc en retour. Le révérend M*** nous a communiqué le fait curieux ci-après : — Pendant un orage qui éclata en 1816 à Acton, sur le parc de Wrexham, un arbre fut frappé de la foudre et rompu en éclats; deux enfans se promenaient à cet instant avec leur nourrice à quelque distance du champ où tomba le tonnerre; l'un des enfans était dans les bras de la nourrice, et l'autre marchait à ses côtés : au moment du choc ces trois personnes furent *subitement enlevées à environ deux pieds de terre*, et remises aussitôt en place sans le moindre mal. Ce fait peut assurément être cité comme un exemple intéressant du choc en retour. On nous a pareillement fait connaître un cas parfaitement attesté de la foudre s'élançant de terre vers le ciel : plusieurs personnes se trouvaient engagées en conversation, au milieu de la

rue, durant un orage, lorsque l'éclair partit très visiblement de terre devant elles et s'éleva vers le ciel. Quelquefois le nuage qui porte le tonnerre n'est pas à une grande élévation au-dessus de la surface de la terre. Les voyageurs, en parcourant les sommets des montagnes élevées, ont vu souvent les éclairs au-dessous de leurs pieds et entendu les roulemens du tonnerre sur les parties basses des rochers. — Tandis que Masséna et Souwarow se livraient bataille sur le Saint-Gothard, au-dessus de la région des orages, les éclairs et le tonnerre sillonnaient en tous sens le ciel au-dessous des deux armées. Mais dans les latitudes élevées comme les nôtres nous ne pouvons nous former qu'une faible idée de l'imposante grandeur d'un orage des régions équatoriales. — Qu'ils sont effrayans et terribles ces éclairs qui, pendant la mousson ou les ouragans, illuminent le ciel et l'immensité du firmament! Qu'elles sont sublimes et éblouissantes ces flammes électriques qui dorent, de leurs coruscations réfléchies, les cimes du Mont-Blanc et du Chimboraço!

En ce qui concerne les moyens de se garantir de la foudre, nous observerons que lorsqu'on est surpris par un orage dans un pays découvert, on doit éviter de chercher un abri sous un arbre ou auprès des murs d'aucun bâ-

timent, et principalement, d'après les nombreuses observations que nous avons faites, sous les arbres qui se trouvent isolés et éloignés des autres. Ainsi, par exemple, ceux qui s'élèvent au centre des plaines, sont plus souvent frappés de la foudre que ceux qui se trouvent dans un bois ou dans une forêt. Les ruisseaux, les rivières, les étangs, et toute espèce d'amas d'eaux, sont dangereux, et peuvent déterminer la chute du tonnerre, qui trouverait un conducteur plus parfait dans la disposition verticale du corps humain et dans les fluides qui y circulent; on doit donc avoir soin de s'éloigner de leurs bords. Si le coup de tonnerre succède à l'éclair sans aucun intervalle sensible, le danger auquel on est exposé est alors des plus imminens, et le moyen le plus prompt et le meilleur de pourvoir à sa sûreté, consiste à se jeter aussitôt à terre et à y rester dans une situation horizontale. Les vêtemens bien humides seront encore une garantie de plus, et l'on pourra se regarder comme suffisamment à l'abri si l'on a le temps de compter de 18 à 20 entre l'éclair et le coup de tonnerre qui le suit. On a calculé que l'électricité se meut avec une vitesse moindre que la lumière, et que l'on estime à 1950 pieds anglais (593 mètres) par seconde; si l'on retranche de ce nombre celui de 1142 pieds

(346 mètres), qui est la vitesse du son par seconde : le reste, multiplié par le nombre de secondes écoulées entre l'éclair et le coup, déterminera la distance à laquelle le tonnerre se trouve de l'observateur. Supposons, par exemple, que l'intervalle de temps soit de 5 secondes, alors $1950 - 1142 = 808 \times 5 = 4040$ pieds, sera la distance du tonnerre : le bruit annonce toujours que le danger est passé. Pendant un orage, on ne doit jamais faire usage de parapluies ; dans les maisons, on doit éviter de s'approcher du foyer ; car la cheminée, tapissée de matières charbonneuses, est un assez bon conducteur. La saison dernière, un paysan lisait au coin du feu, le tisonnier était incliné sur la grille, et venait toucher un chien qui était endormi auprès ; le tonnerre, descendant par la cheminée, traversa le tisonnier pour se rendre dans la terre, et, dans son passage, tua le chien sans faire aucun mal à l'homme qui ressentit seulement une faible secousse électrique. On doit, par la même raison, se défier des sonnettes des portes, lorsqu'elles sont *attachées par un fil métallique*, car souvent la foudre est entrée dans les maisons en suivant leur direction, est parvenue jusqu'à la sonnette, où, ne trouvant aucune issue vers la terre, elle a fait explosion et s'est échappée par la fenêtre, en allant frapper un

arbre dans le jardin. On doit pareillement écarter promptement, avec soin, tous les objets métalliques quels qu'ils soient, même les encadremens dorés des glaces et des tableaux. Nous avons remarqué avec surprise, dernièrement, dans une maison qui avait été visitée par la foudre, la violence extraordinaire avec laquelle elle paraissait s'être jetée sur ces objets, croyant y trouver un milieu d'écoulement facile; tous les clous du plancher, ainsi que ceux qui attachaient les lattes du plafond et les gonds de la porte, se trouvaient plus ou moins attaqués; et même un clou qui fixait le fer d'une bêche à son manche, en fut arraché et planté dans le mur. Le tonnerre paraissait, en effet, s'être divisé comme le *feu grégeois*, et avait frappé, avec une violence étonnante, tout ce qui présentait une apparence métallique. Il faut donc éloigner de soi tout ce qui est en métal; les femmes feront même prudemment d'abandonner leur ouvrage, parce que les aiguilles et les ciseaux peuvent devenir des pointes d'attraction. Un jeune homme, jouant de la flûte à sa fenêtre, la clé d'argent dont elle était garnie attira la foudre et jeta l'instrument à terre; en même temps un miroir fut enlevé de son cadre argenté, et resta, sans être brisé, sur une table, tandis que le cadre fut mis en pièces. Dans toute maison

qui n'est pas armée d'un paratonnerre, les glaces dorées, les cadres de tableaux, les papiers de tenture argentés ou dorés, les fils de sonnettes et les garnitures de cheminées, sont les objets les plus dangereux. L'été dernier, une femme ayant été tuée par le tonnerre au moment où elle s'approchait de l'entrée du puits d'une mine de houille du Staffordshire, ses souliers de cuir furent déchirés en une infinité de petites lanières, probablement à cause des clous nombreux dont ils étaient garnis. Le centre de l'appartement et l'étage du milieu de la maison sont les points qui offrent le plus de sécurité; il sera très utile de s'étendre sur un sopha ou sur son lit; car, sans parler de la position horizontale, l'isolement est alors assez complet pour assurer tous les principes de sécurité indiqués par les lois qui règlent les phénomènes électriques. Il est absurde de chercher un refuge dans la cave, ainsi que quelques personnes craintives le pratiquent, car la foudre *peut monter;* et on cite plusieurs cas où les étages inférieurs d'une maison ont été frappés de la foudre, tandis que les parties élevées n'en ont pas souffert. Un médecin m'a dit qu'étant une fois descendu dans sa cave pendant un orage, et tirant de la bière au tonneau, il reçut une commotion électrique très violente.

Les effets de la foudre sont terribles, sa force est irrésistible; elle renverse en un instant, ou ébranle dans leurs fondemens, les monumens dont s'enorgueillit le génie de l'homme; elle déchire en éclats les chênes majestueux patriarches des forêts, brise les sommets granitiques des rochers alpins, et en précipite les fragmens dans les vallées. Mais ce redoutable agent a aussi de petites voies; c'est lui qui élève et fait circuler les fluides dans les végétaux et les animaux; qui donne à l'araignée aéronaute la faculté de s'élancer, suspendue par son léger parachute, dans la région des nuages; c'est encore lui qui, artificiellement appliqué, a fait *parler les muets*, comme l'a attesté M. Miles Partington (1), et qui, sous la forme d'éclairs, a guéri des infirmités sans espoir, ainsi qu'on en cite l'exemple suivant dans le *London medical Journal*.— Une personne nommée Terry, *aveugle* depuis plusieurs années, traversant un des ponts de Londres durant un orage, dans l'été de 1828, fut renversée à terre par un coup de tonnerre; et ce singulier accident fut pour elle un bienfait de la Providence, car elle recouvra la vue. Nous avons encore un exemple récent, bien remarquable, de cette espèce, dans ce qui arriva à bord du

(1) Voyez *Brande's Journal*, vol. 16, p. 187.

New-York, faisant route de Londres à New-York : le navire fut frappé deux fois par la foudre, et le second coup produisit une cure merveilleuse, dont voici les circonstances : Un passager, très vieux, était tellement paralysé des jambes, que depuis trois ans il n'avait pu marcher plus d'un demi-mille, et depuis son embarquement on ne l'avait pas vu se tenir debout un seul instant. Cependant, peu de temps après la seconde décharge du fluide électrique, qui eut lieu près de l'endroit où le pauvre invalide était assis, on le vit, avec étonnement, se promener bravement sur le pont ; ce qu'il continua pendant assez long-temps, comme s'il n'eût jamais été malade : dans le premier moment du choc il resta privé de sentiment, mais il reprit bientôt ses sens, et la guérison fut complète. Il marcha avec facilité pendant tout le reste de la traversée ; en arrivant à New-York il avait entièrement recouvré l'usage de ses jambes, et il se rendit à pied du port chez lui.

Un des effets les plus remarquables de la foudre, c'est la propriété de communiquer la vertu *magnétique* au fer et à l'acier ; dans l'exemple que nous venons de citer ce fait a encore été bien constaté, car plusieurs couteaux et fourchettes en fer qui avaient éprouvé sur ce vaisseau un

commencement de fusion se trouvèrent aimantés. Les effets produits sur les aiguilles aimantées furent très remarquables, car, quoique toutes dans la même chambre, elles furent néanmoins diversement affectées; dans les unes la force magnétique était augmentée, dans les autres elle était diminuée; dans quelques unes elle se trouvait entièrement détruite, et dans d'autres enfin les deux pôles étaient renversés; et quant à cette dernière circonstance, le docteur Franklin cite également le cas où un coup de tonnerre intervertit les pôles de la boussole du capitaine Weddek. Dans les *Transactions of the royal Society*, n° 157, pag. 520, et n° 237, pag. 57, on rapporte le fait suivant : Le tonnerre ayant traversé une boîte de couteaux leur communiqua une forte aimantation; et M. Waller, dans son *Traité sur le magnétisme*, p. 10, mentionne un fait semblable : « Dans l'île de la Jamaïque, au mois de septembre 1792, une des ailes de ma maison fut endommagée par la foudre qui tua une jeune femme et fit beaucoup de mal à une autre; une jeune fille, qui pendant ce temps s'était tenue auprès de celle qui fut tuée, ayant tiré de sa poche son étui, les aiguilles qu'elle mit dans sa main restèrent serrées toutes ensemble avec tant de force qu'elle fut obligée de prendre la pointe de ses ciseaux pour les séparer; les ciseaux et

les aiguilles se trouvèrent ensuite si puissamment aimantés qu'une partie de celles-ci y resta fixée dans diverses directions, tandis que le reste pendait comme un fil, chaque aiguille restant attachée par la tête à sa voisine. » On trouve aussi, dans les *Annales de chimie*, un exemple du pouvoir magnétique de la foudre; il eut lieu à Toulouse, en juin 1820. « Un tailleur était assis sur une chaise près du conducteur à travers lequel s'écoula le tonnerre; il ne ressentit aucune secousse, mais le lendemain, en tirant son étui de sa poche, il trouva ses aiguilles si fortement aimantées, qu'elles se tenaient en groupes de six ou sept ensemble; dans un autre étui, placé sur la cheminée et éloigné d'environ vingt pieds du conducteur, les aiguilles, au nombre de cinq, se trouvèrent aussi aimantées. » La science intéressante de l'électro-magnétisme, en nous révélant les principes de ces singuliers résultats, nous avertit aussi de la nécessité d'éloigner de notre personne toute espèce d'objet de nature métallique, et de prendre garde même de les toucher (1). Nous avons entendu raconter qu'un coup de tonnerre frappa pendant un dîner tous les couteaux et les fourchettes qui se trouvaient sur la table,

(1) La mort de plusieurs personnes a sans doute été due souvent à des causes si simples et si peu soupçonnées.

et que la foudre ressemblait alors à la chaîne métallique lorsqu'on la fait traverser par la décharge électrique.

Les avantages qui résultent des orages sont très considérables, et nous n'essaierons pas de les faire connaître tous; il s'en présente deux cependant qui sont plus évidens que les autres: lorsqu'il y a une distribution inégale de température, l'action bienfaisante de l'orage tend à la faire disparaître, et à rétablir cette perte d'équilibre de chaleur, condition si importante dans l'économie végétale et animale; et comme il ne peut y avoir aucun doute qu'une portion du *gaz acide nitreux* peut être formée dans chaque orage par une combinaison des élémens de l'air atmosphérique, ainsi que l'a démontré Cavendish dans une de ses expériences (en faisant passer une série d'étincelles électriques à travers une portion donnée d'air il obtint des traces évidentes d'acide nitreux), et que le gaz acide nitreux est un puissant désinfectant; il s'ensuit que l'orage, accompagné de tonnerre, tend par là à détruire les miasmes pestilentiels qui s'élèvent de la surface de la terre et sont répandus dans l'espace. La végétation, après un orage, semble plus riche et revêtue d'une livrée plus aimable, et les corps animaux semblent aussi plus élastiques, plus forts et plus vigoureux; lorsque les germes des maladies épi-

démiques flottent dans le sein de l'atmosphère, ils sont décomposés et détruits; et lorsque la constitution de l'atmosphère est elle-même en désordre, elle est de nouveau rétablie dans son état normal et renouvelée; son malaise, pour ainsi dire, se trouve guéri, et elle prend un aspect de santé meilleur qu'auparavant.

CHAPITRE IX.

Des paratonnerres. — Leur disposition sur les édifices et sur les vaisseaux en mer. — Des paragrêles. — Leur influence sur le nuage orageux. — Leur utilité. — Changement de climat (1).

Les paratonnerres sont des barres métalliques que l'on attache aux édifices pour présenter à la foudre un moyen facile de s'échapper ; lorsqu'elle vient frapper un bâtiment, elle cherche le meilleur conducteur et le chemin le plus direct vers le sol, et si on ne les lui a pas préparés d'avance, les effets de sa colère deviennent terribles. On a autrefois fortement débattu la question si les tiges doivent être terminées par des *boules* ou par des *pointes ;* les pointes, avançait-on, attirent la foudre d'une plus grande distance, et par là déterminent l'approche du nuage orageux qui sans elles se serait porté d'un autre côté ou du moins aurait passé au-dessus du bâtiment sans faire aucun mal ; mais on ne faisait pas attention ou l'on oubliait que le fluide

(1) Voir les notes.

électrique exerce une action énorme sur une surface arrondie comme celle d'une boule, à cause de la grande difficulté qu'oppose à son entrée la résistance qui naît de cette forme même: fait bien connu de tous les physiciens; tandis qu'au contraire dans une pointe le fluide n'éprouve aucune difficulté ni à son entrée ni à sa sortie. On démontre d'une manière élégante la différente manière d'agir de la boule et de la pointe, en les présentant l'une et l'autre à la même distance du conducteur d'une machine électrique en mouvement: Il se fait une décharge électrique sur la boule, tandis que la pointe soutire l'électricité en silence et insensiblement, montrant par là sa supériorité d'action. En outre une pointe agissant à une plus grande distance sur le nuage orageux, présente encore l'immense avantage de ne pas exiger, pour produire le même effet, une tige *aussi longue* que celle qui est terminée par une boule; et si (comme on l'a établi) l'influence des paratonnerres s'étend sur les objets environnans à une distance double de leur hauteur, il est évident que le cercle d'activité d'un paratonnerre terminé en pointe sera moins circonscrit que celui du conducteur terminé par une surface arrondie. Il ne suffit pas seulement de présenter à l'écoulement de la foudre le meilleur conducteur possible, mais encore faut-il rendre très faciles

son entrée et sa sortie : circonstances que l'on semble avoir trop souvent perdu de vue en Angleterre dans la construction des tiges. Il n'y a aucune preuve quelconque qu'une pointe ait attiré jamais le nuage orageux hors de la ligne qu'il devait parcourir; mais il est démontré que de tels nuages s'arrêtent à tout moment aux *avant-postes*, pour ainsi dire, d'une phalange de paragrêles, et qu'ils s'y séparent, une portion s'échappant à droite, l'autre à gauche des paragrêles. Le magasin à poudre de Purfleet, quoique armé de deux paratonnerres, fut frappé de la foudre en 1778; et nous avons encore l'exemple de deux maisons qui ont été pareillement visitées par le tonnerre, bien qu'elles fussent pourvues de conducteurs (1). Plus des neuf dixièmes des conducteurs fixés sur les maisons en Angleterre sont au moins inutiles, le plus souvent même ils agissent en sens opposé, et tendent à causer la ruine des édifices qu'ils sont censés protéger et défendre. Car ces paratonnerres sont tous en *fer*, le plus mauvais conducteur de tous les métaux, et la plupart sont rongés de rouille par suite de l'oxidation; or les oxides métalliques ne sont point conducteurs, et puisqu'il paraît dé-

(1) Il faut observer que tous ces conducteurs étaient en *fer*.

montré par les expériences de Coulomb et de Biot que l'électricité ne pénètre les corps qu'à une *profondeur inappréciable*, l'oxidation superficielle de la tige détruira entièrement son pouvoir conducteur, tandis que son extrémité agira encore partiellement et imparfaitement comme *pointe*. En outre, on trouve souvent que ces conducteurs, comme on les appelle, sont dérangés, quelquefois dessoudés entre eux, et d'autres fois fixés au mur par des brides et des crampons de fer; qu'enfin au lieu de pénétrer dans la terre, l'extrémité reste quelquefois suspendue à plusieurs pieds au-dessus de sa surface, comme si l'on voulait que le tonnerre rasât le bâtiment de ses fondations. On peut faire de nombreuses objections contre l'emploi du fer pour former la tige ou une partie quelconque du paratonnerre, et malgré l'imposante autorité de M. Gay-Lussac, nous doutons extrêmement qu'il soit convenable d'avoir un conducteur composé de deux pièces de métaux différens; et surtout, d'après les circonstances ci-dessus mentionnées, que l'une de ces pièces soit en *fer*. Nous sommes encore plus surpris de la recommandation qui a été faite de réunir ensemble une quinzaine de fils de fer pour en former une *corde*, et qu'afin de prévenir la *rouille* chaque fil soit goudronné séparément avec beaucoup de soin, et que la corde entière

le soit ensuite elle-même; car, comme le goudron que l'on emploie est électrique ou non conducteur, toute la partie superficielle de la corde métallique est ainsi rendue inutile. Toutes les fois que la foudre est entrée dans une maison en suivant le cordon de la sonnette d'entrée, et que le fil métallique dont il était formé, a, par sa fusion, laissé sur le plâtre du mur une trace visible, on a reconnu que ce fil était *de fer*. Le conducteur attaché au mât du New-York dont nous avons déjà parlé, était en fer; il avait trois dixièmes de pouces de diamètre, cependant il fut fondu dans toute sa longueur, et les gouttes de métal tombèrent dans la mer. Le docteur Fisher, ainsi qu'on l'établit dans le *Bulletin universel*, rapporte l'exemple d'un conducteur *en fer* placé sur un magasin à poudre, qui, dans plusieurs circonstances n'avait pas empêché le tonnerre de tomber auprès de lui. Il attribue ce défaut à ce que le conducteur avait acquis la vertu magnétique; mais nous demanderons si l'on en a jamais trouvé qui ne fussent pas aimantés? Assurément non. Le docteur affirme d'après ses expériences, que le fer, lorsqu'il est aimanté, perd beaucoup de sa faculté conductrice; un physicien, nommé Abraham, de Sheffield, établit au contraire que l'aimantation *augmente* beaucoup la conductibilité électrique du fer; *non nobis tantas*

componere lites. Mais nous ne pouvons nous empêcher d'être surpris de la recommandation faite par ce dernier, de n'employer pour les paratonnerres que du *fer aimanté*, comme si ce n'était pas un fait bien notoire que tout barreau de fer, *du moment qu'il est dressé verticalement*, acquiert instantanément la vertu magnétique laquelle est entièrement indépendante de celle qu'il peut *acquérir par le courant d'électricité atmosphérique qui le traverse constamment.* C'est par cette raison que sir H. Davy a recommandé, pour aimanter les barreaux d'acier, de les attacher aux conducteurs des paratonnerres.

Le paratonnerre placé sur un édifice doit être en *cuivre*, frotté d'huile et adouci, et se terminer à son extrémité en pointe déliée; la tige doit avoir un demi-pouce d'épaisseur, et son sommet s'élèvera de plusieurs pieds au-dessus des points les plus hauts du bâtiment auquel il sera fixé. Le conducteur sera arrêté le long de l'édifice par des morceaux de bois troués qu'il traversera, et arrivé à quelques pieds au-dessus de la surface de la terre, on le recourbera à angle droit pour le faire aboutir dans un puits, une citerne, ou quelque endroit bien humide. On a proposé d'élever la tige du paratonnerre trente pieds au-dessus du toit; nous avouerons que nous

n'en voyons pas la nécessité, car quoique les expériences de MM. Romas et Charles tendent à prouver que l'efficacité d'un paratonnerre augmente en raison de sa hauteur; il ne faut pas oublier d'un autre côté que *la résistance d'un conducteur augmente avec sa longueur*, et par conséquent nous pensons qu'il est décidément préférable d'employer *deux* paratonnerres au lieu d'un seul, là où l'étendue du bâtiment l'exige, plutôt que d'en avoir un seul plus long qu'il n'est nécessaire. Quant aux conducteurs qui sont terminés par plusieurs pointes inclinées à l'horizon sous différens angles, et à ceux couronnés par des boules surmontées de pointes, et tels que l'on en voit dans le jardin botanique de Liverpool, nous doutons de leur efficacité, et néanmoins nous serions les premiers à proclamer leur utilité s'ils étaient fixés à des *tiges séparées*. Un bon conducteur paraît devoir réunir les conditions suivantes: 1° une extrémité terminée en pointe très fine, pour que le fluide n'éprouve aucune résistance à son entrée; 2° une longueur assez grande pour prévenir, pour ainsi dire, la descente de l'électricité, et la retenir tout entière sur le sommet avant qu'elle ne puisse atteindre aucune partie du bâtiment; 3° une puissance conductrice supérieure dans la matière du conducteur pour fa-

ciliter l'écoulement de la foudre dans le sol ; 4° une épaisseur suffisante pour empêcher sa fusion, ce qui à notre avis doit beaucoup dépendre de la résistance que le fluide éprouve à se mouvoir dans le conducteur, et enfin une conduite bien ménagée dans un puits ou une portion humide du terrain. Comme les parties reculées des bâtimens d'une grande étendue ont été quelquefois frappées de la foudre dans des points éloignés du paratonnerre d'une quantité égale à trois ou quatre fois la hauteur de la tige, il est évident que son influence préservatrice est *circonscrite* et l'expérience paraît avoir démontré que la sphère d'activité *s'étend à un rayon double de sa hauteur;* c'est-à-dire que l'influence d'un bon conducteur, fixé sur une tour de 120 pieds de haut, s'étendra tout autour à une distance d'environ 240 pieds. Outre que nous préférerions beaucoup que le conducteur fût fixé sur un mât isolé, entièrement séparé de l'édifice qu'il est destiné à préserver, nous voudrions, en même temps, que dans *tous* les cas il y eût plus d'un seul conducteur, et que pour les magasins à poudre par exemple, ils fussent parsemés à l'entour. Flanqués par de telles circonvallations, ainsi qu'une ville défendue par des redoutes et des bastions, on serait parfaitement à l'abri des attaques de la foudre. Dans le cas des paragrê-

les cependant la sûreté serait encore augmentée par une plus grande multiplicité, et il serait mieux de doubler les gardes dans les avenues du danger que de diminuer le nombre des sentinelles en laissant subsister même la *possibilité* du danger. Il y a donc *certainement moyen d'arriver à une sécurité parfaite et absolue.*

Le conducteur dont nous recommandons particulièrement l'emploi est composé de quatre fils de cuivre doux, réunis en un seul faisceau par des anneaux de cuivre. Ces fils se séparent au sommet et sont repliés en dehors sous un angle de 45° avec l'horizon; ils s'élèvent de plusieurs pieds au-dessus du point culminant du bâtiment, et sont maintenus par des coins de bois qu'ils traversent. A deux pieds environ au-dessus du sol ils se recourbent et vont aboutir au-dessous dans le terrain humide; c'est ce qu'on peut appeler proprement la *racine* du conducteur. La construction suivante pourra, à notre avis, obvier à la nécessité d'avoir une pointe dorée, et on peut la regarder comme une application intéressante des principes de l'électricité voltaïque : Faites passer les fils de cuivre en contact avec l'humidité, à travers *un cylindre de zinc*, avant leur séparation pour former la racine; les fils de cuivre, dans ce cas, seront à jamais préservés de l'oxi-

dation. Nous recommandons de donner à chaque fil un cinquième de pouce de diamètre, ce qui donnera à chacun d'eux un tiers de pouce de circonférence, et à l'ensemble du conducteur deux pouces deux cinquièmes. Par cette disposition on a quatre pointes, avec une tige particulière pour chacune d'elles. Un conducteur terminé en pointe n'agit toujours que comme *un point*, indépendamment des dimension de la tige, tandis que les pointes multipliées agissent en raison de leur nombre. Les tours des églises devront être garnies de deux faisceaux de cette espèce, placés diagonalement dans les deux angles opposés; si la tour a 120 pieds de haut, nous estimons que la dépense pour chaque paratonnnerre n'ira pas au-delà de 6 liv. 6 (158 fr.); l'influence d'un conducteur placé à cette hauteur s'étendrait à 240 pieds en tous sens, et s'il y en avait deux, l'espace garanti serait de 480 pieds. Nous doutons qu'il soit avantageux de faire communiquer avec de pareils conducteurs aucune des pièces métalliques de la toiture, parce que l'élévation supérieure du paratonnerre et sa plus grande conductibilité, les rendrait superflues, et qu'elles ne pourraient que détourner la marche de la foudre. Un seul de ces paratonnerres, attaché sur le mât d'un navire de commerce, suffira pour le protéger efficace-

ment; sur un vaisseau de guerre on devra en avoir deux, l'un fixé au grand mât, l'autre au mât d'artimon, et, d'après la flexibilité du conducteur, il est présumable qu'ils ne gêneront en aucune manière les manœuvres du bâtiment. Nous recommanderons en outre de faire passer le faisceau des fils conducteurs à travers un cylindre de bois verni de gomme laque à l'extérieur, et emboîté dans le pont; enfin son extrémité devra se trouver en contact avec le doublage en cuivre de la quille. On est dans l'usage d'attacher aux mâts, et seulement *par occasion*, des *chaînes métalliques;* mais nous regardons ces additions comme d'une efficacité fort douteuse, parce que la foudre éprouverait beaucoup de difficulté à descendre à travers les anneaux. On sait en effet que si l'on fait passer une décharge électrique à travers une chaîne, une explosion a lieu à chaque chaînon, qui se trouve en même temps oxidé. Autrefois, dans les navires, on employait pour tige de paratonnerre la hampe de la girouette, que l'on mettait en communication avec une chaîne formée de verges de fer, terminées par des anneaux, et qui plongeait dans la mer; cet appareil tout inefficace qu'il fût, était dressé principalement à l'approche d'un orage. La disposition de M. Harris, qui est certainement meilleure, consiste à attacher au moyen

de clous métalliques, sur le mât de perroquet, une barre de cuivre de trois à quatre pouces de large, et de un huitième de pouce d'épaisseur, qui, partant de la base de la girouette laquelle domine le mât de trois pieds environ, s'étend sur toute la longueur du mât, traverse la quille par un boulon de cuivre, et se rend finalement dans la mer. Le lieutenant Green paraît avoir mis en question l'utilité et l'efficacité des paratonnerres; mais son opinion, autant qu'il nous a été possible d'en juger, repose sur des idées entièrement fausses et erronées, déduites du phénomène que présentent les conducteurs, *comme on les appelle*, nom d'ailleurs tout-à-fait impropre. La matière employée à leur confection est tout autre que ce qu'elle devrait être, et la disposition adoptée est une violation complète des lois connues de l'électricité; de plus, on ne peut s'attendre que l'influence du *meilleur* conducteur que ce soit s'étende à une sphère *illimitée*, car ce serait une conséquence sûrement trop dénuée de raison, quoique M. Green paraisse dans beaucoup de cas l'admettre comme accordée. Que l'on se rappelle que le nombre des paratonnerres *passables* dans les trois royaumes, est extrêmement limité, et nous en avons nous-même personnellement visité le plus grand nombre. Nous pensons donc que la proposition du lieutenant Green ne

trouvera point d'écho parmi les personnes ayant quelques notions de l'électricité pratique: car d'après son plan il suffirait de prolonger vers le bas la verge de girouette, et de la conduire jusqu'aux barres traversières des hunes, où le fluide s'éparpillerait dans l'air. « *Valeat quantum*, etc. » Les magasins à poudre devraient être entourés d'un circuit de paragrêles formant une double ligne.

Le mot *paragrêle* indique que ces instrumens préservent de la grêle, comme les paratonnerres de la foudre. Le paragrêle a pour but de désarmer la colère du nuage, en lui soutirant son électricité, ou en changeant son état électrique, et prévenant ainsi la précipitation des grêlons ou de fragmens de glace (car le plus souvent ils en présentent tous les caractères); et nous avons établi que la formation de la grêle est un phénomène entièrement électrique. Il en est de même du paratonnerre, qui détourne la foudre en lui présentant un écoulement facile vers la terre. Les uns et les autres sont établis sur les mêmes principes, et doivent par conséquent subsister ou tomber ensemble. On peut dire d'eux également qu'ils détruisent ou modifient la structure des nuages orageux, et par conséquent les élémens qu'ils renferment sont ou réduits à une précipitation sans danger, ou elle est même empêchée par la dispersion des

nuages et leur diffusion dans l'air ambiant; car la force de l'électricité renfermée dans un nuage, doit avoir un rapport direct avec celle du tonnerre qu'il lance, ou avec la densité de la pluie et de la grêle qu'il verse sur la terre.

Un nuage orageux est d'autant plus redoutable que l'électricité s'y trouve concentrée davantage; et plus les pointes qu'on lui présente soutirent d'électricité, plus il devient atténué et dispersé, et par conséquent inoffensif; un nuage orageux pouvant dans tous les cas être considéré comme analogue à une *bouteille de Leyde naturelle*, ou une *batterie électrique*.

DESCRIPTION DE LA FIGURE 31.

A Perche de bois, qui peut avoir de 10 à 15 mètres de long.

B Sol, dans lequel pénètre la perche à une profondeur d'un mètre environ.

a Extrémité supérieure en fil de laiton; elle dépasse de 3 ou 4 pouces le sommet de la perche, et se termine en une pointe effilée.

b Continuation du fil de laiton attaché à la perche, et logé dans une rainure pratiquée dans toute sa longueur; le laiton

doit avoir environ un dixième de pouce de diamètre.

c Petits anneaux maintenant le fil de laiton contre le montant de bois.

d Petite clavette pour fixer le conducteur au bas du mât.

e Broussailles, épines ou bruyères, environnant le mât, pour empêcher sa dégradation, ou que l'on ne s'en approche inconsidérément. On peut ajouter qu'il serait bon de vernir le bois pour le garantir de l'humidité ; et le mieux serait d'isoler le fil conducteur, tandis que l'on charbonnerait la partie du mât qui pénètre dans la terre, pour l'empêcher de pourrir.

Nous calculons que chaque paragrêle ne coûterait pas plus de 5 ou 6 *shillings* (6 à 8 fr.), et il convient de les planter à une distance l'un de l'autre égale au double de leur hauteur, remarque que nous avons déjà faite pour les paratonnerres, et qui trouve également ici son application. Ainsi s'ils ont 35 pieds de long, la distance à mettre entre eux sera de 140 pieds, en donnant à *chacun d'eux* un rayon d'activité de 70 pieds ; et s'ils ont 50 pieds, leur éloignement respectif devra être de 200 pieds. M. Crud, de Massa-Lombarda, les place même

à 450 pieds de distance, mais d'après les observations que nous avons faites précédemment, cette distance est évidemment trop forte, à moins que leur hauteur n'excède 100 pieds. L'emploi des paragrêles est fort répandu en Italie, en Suisse et en France, pour protéger les vignes et les champs de blé contre les effets destructeurs de la grêle. L'opposition qu'ils ont éprouvée dans l'origine, cède peu à peu. La répugnance que l'on avait manifestée contre leur érection, est vaincue par les preuves irrécusables de leurs succès journaliers, et l'on voit leur nombre augmenter graduellement. La superstition a bien aussi voulu les faire regarder comme opposés aux vues bienfaisantes de la Providence; mais nous laissons l'ignorance se débattre au milieu des nuages obscurs qui forment son étroit horizon, nous la laissons errer sur les montagnes imaginaires, ou combattre les spectres qui lui fascinent les yeux, contens pour nous-mêmes que notre esprit soit d'une autre trempe. Le nuage orageux est formé d'après certaines lois, et maintenu entre certaines lignes de démarcation qu'il ne pourrait dépasser. Le sceau du Tout-Puissant s'y trouve encore empreint: le « tu n'iras pas plus loin, et là ton orgueil sera forcé de s'arrêter » ne peut être enfreint dans la nature, et l'investigation de ces lois sublimes peut nous conduire

à une application pratique des principes qu'elles nous découvrent. Avant que l'on eût si heureusement appliqué les vérités qu'enseigne la science, le seul moyen connu de se mettre à l'abri des désastres de la grêle consistait à disperser le nuage orageux par des décharges d'artillerie tirées du sommet des montagnes; la méthode suivante que l'on trouve dans un ancien auteur, nous paraît encore d'une efficacité plus suspecte. « On fait un usage magique et superstitieux des tortues d'eau douce pour préserver de la grêle; à cet effet un homme en prend une dans sa main droite, il la porte le ventre (*le plastron*) tourné en haut tout autour de sa vigne, ensuite revenant de la même manière avec elle, il la dépose sur le dos (*la carapace*) de manière qu'elle ne puisse se remettre sur le ventre et qu'elle reste la face tournée vers le ciel; alors on verra tous les nuages quelconques passer au-dessus de la vigne sans jamais s'y décharger (1). »

Il paraît que dès l'année 1819 il fut fait en Amérique, sur les principes du docteur Franklin, quelques essais de paragrêles qui eurent du succès. Ils ont passé du Nouveau-Monde dans l'ancien, et aujourd'hui ils s'introduisent en Europe. Dans l'origine, ces instrumens

(1) *The History of serpents*, etc., Topsell; London, in-folio, 1608, pag. 287.

consistaient simplement en une perche surmontée d'une pointe de cuivre, de la partie inférieure de laquelle partait une corde de paille, ayant une forte ficelle de chanvre entortillée autour d'elle dans toute sa longueur. Ceci était fondé sur le fait découvert par sign. Beccaria, qu'un fil de chanvre est conducteur de l'électricité, puisque même l'on s'en sert pour suspendre les balles de sureau de nos électroscopes; Volta d'un autre côté a prouvé que la paille est un bon conducteur, et c'est elle aussi que l'on emploie dans l'électroscope qui porte son nom. La figure 31 représente le paragrêle sous sa forme la plus perfectionnée, et tel qu'on l'emploie aujourd'hui dans le canton de Vaud, le territoire de Bologne, le royaume Lombardo-Vénitien, etc. M. Crud a le mérite de l'avoir introduit dans le territoire de Bologne, Beltramy en Lombardie, et le professeur Chavannes dans le canton de Vaud. Nous avons eu le plaisir de discuter avec ce dernier savant le mérite de cette invention; il se rendit à l'opinion décidée que nous exprimâmes en faveur de ces instrumens, et que nous nous étions formée du moment que nous avions été témoin de leurs succès en Suisse; le professeur Chavannes rencontra une très vive opposition. Le paragrêle dont nous avons donné la figure et la description, est celui recommandé par le signor Orioli,

professeur de physique à l'université de Bologne.

Pinnanzi, de Mantoue, proposa, dès 1788, d'élever dans la campagne un nombre considérable de pointes, dans le but de priver les nuages de leur électricité, et de prévenir par là leur résolution en grêle. Plusieurs sociétés savantes, entre autres celles de Dijon, d'Arras et d'Orléans, ont regardé cette proposition comme extrêmement plausible; des opinions semblables ont été soutenues par Guinard, Buissant, Morveau, Berthollet, et dans ces derniers temps par Bosc et Lenormant. Il y a quelques années M. Lapostolle, de Genève, chercha à modifier l'appareil proposé par Pinnanzi, en lui substituant de simples cordes de paille; mais on trouva qu'elles n'avaient point d'efficacité, et elles étaient entièrement tombées dans le discrédit et l'oubli, lorsque M. Tollard, du collége de Tarbes, en France, dans le département des Hautes-Pyrénées, les fit revivre sous une forme un peu modifiée. Suivant son plan il faudrait élever des perches de saule, de peuplier, de pin, de châtaignier, etc., armées de pointes de laiton effilées, qui seraient attachées à une corde de paille d'orge ou de riz, tressée dans toute sa longueur, d'après la méthode recommandée par M. Lapostolle, de Genève, qui affirme que par ce secours il a garanti de

la grêle le territoire de dix *communes*. Ces précieux instrumens ont rencontré des adversaires et des défenseurs en France, en Suisse et en Italie. Le *Nouvelliste Vaudois* du 16 août 1825, observe spirituellement : « Les paragrêles n'ont que trop bien tenu ; on les attaque partout, à Paris, à Berne, à Zurich ; *la grêle seule les épargne*. » Malgré les oppositions que les paragrêles ont éprouvées à leur établissement en France, nous trouvons cependant des conclusions qui leur sont favorables dans un rapport officiel présenté au gouvernement par la société Linnéenne de Paris, et dans lequel on recommande leur adoption générale (1).

Nous allons maintenant citer quelques exemples des phénomènes que présentent les paragrêles, et de leur efficacité. Signor Perotti, de San-Giovani di Cassara, nous apprend qu'ayant planté plusieurs paragrêles sur un espace de 16,000 perches d'étendue, il trouva que les champs de blé et les vignes dans cet espace de terrain n'avaient éprouvé aucun dommage, quoiqu'il eût passé au-dessus *quatorze orages* qui déchargèrent leur furie sur les terres environnantes de Valvasoni, Baguarda et Savarganno. Dans la gazette de Bologne, du 17 juillet 1824,

(1) Rapport sur l'utilité des paragrêles, etc., in-8°, Paris, pag. 1.

on mentionne quelques phénomènes curieux qui ont rapport aux paragrêles, et qui sont communiqués dans une lettre adressée par le docteur Joseph Astolfi au professeur Orioli. Le 19 juin 1824, un orage avec grêle, accompagné de tonnerre et d'éclairs, arriva de Bentivoglio, opposé à Altedo, et sa route fut marquée par une dévastation complète; mais, en approchant d'un district armé de 50 paragrêles, le nuage orageux se modifia singulièrement; une quantité très petite de grêle tomba près de l'extrémité des lignes des paragrêles, tandis que entre la seconde et la troisième ligne elle n'avait que la *consistance de la neige*. Ce nuage, qui venait d'auprès de Bentivoglio, prit alors une autre direction, et dès qu'il fut parvenu à la propriété du comte Chenef, munie de paragrêles, il fut *soudainement dissipé*, après avoir détruit tout ce qui se trouvait sur son passage jusque là. Le 24 juin 1824, un orage se forma à environ dix heures du soir dans le voisinage de San-Pietro, dans Cassale, et se dirigea vers le duché de Galiero, en ravageant par une grêle effroyable tous les champs qui se trouvaient sur son passage; en cet endroit il rencontra un parc de paragrêles, étendu sur une superficie d'environ 10,000 acres, à l'instant même la grêle cessa, et il tomba seulement un peu de neige; l'orage poursuivant sa route rencontra dans la commune

d'Altedo, le district occupé par le docteur Astolfi ; la nuée paraissait alors dans une agitation extrême, on remarqua qu'elle diminuait considérablement, et enfin, après une pluie, elle disparut tout-à-fait. Nous trouvons aussi, dans une communication officielle faite au gouvernement Milanais par le *Gonfalonier* de *San-Pietro, in Cassale* (signor Grandi), que pendant une violente tempête, accompagnée de tonnerre et d'éclairs étant sorti pour reconnaître l'effet des paragrêles, il observa que le fluide électrique se jouait autour de leurs sommets en *courbes gracieuses*, tandis que dans tous les champs environnans la foudre causait beaucoup de ravages. Des lettres d'une date encore plus récente nous apprennent qu'aussitôt qu'une ligne de nuages orageux formée au-delà des districts de MM. Brunelti et Astolfi, se fut approchée des paragrêles élevés à la surface, elle perdit cette *couleur particulière*, que les habitans de la campagne ont trop bien appris à leurs dépens à reconnaître pour la livrée d'un orage violent ; elle devint blanche, laissa dabord précipiter un peu de neige, et finalement se réduisit en pluie.

Il a été fait à l'Académie des sciences de Paris, un rapport favorable sur les paragrêles, et déjà même il s'est formé, d'après la conviction de leur efficacité, une société d'assurance contre

la grêle. Par l'ordre du gouvernement de Sardaigne, la Société Royale d'agriculture de Turin a nommé une commission pour rassembler tout ce qui a été fait ou publié sur cet objet. 1,467 paragrêles ont été placés, à ce qu'il paraît, auprès de Chambéry, sur une chaîne de montagnes, depuis la base jusqu'au sommet. Le 15 août 1825, il éclata un violent orage qui s'étendit à l'extérieur de la ligne des paragrêles, tandis qu'il ne tomba pas de grêle dans son enceinte; et cependant tout autour d'elle la grêle et le tonnerre exercèrent des ravages effrayans. Il paraît aussi que le 11 novembre 1825 un propriétaire, qui n'avait que quatre paragrêles de 22 pieds de hauteur chacun, réussit, par leur moyen, à se préserver d'un violent orage qui éclata sur les champs de ses voisins.

M. le baron Crud, dans une lettre au professeur Chavannes, en date du 13 juillet 1824 (1) observe que dans le mois précédent, un nuage orageux parut, vers le soir, se déployer au-dessus des paragrêles; il était accompagné d'éclairs fréquens, et formait une ligne horizontale ondulée; au bout d'un certain temps ce nuage s'éleva dans les régions supérieures, *aucune partie ne s'étendit* vers la terre; et il remarqua de plus que les parties inférieures de l'air semblaient privées de

(1) *Feuille du canton de Vaud*, pag. 277.

leur électricité. Un autre jour, continue-t-il à remarquer, la grêle vint à tomber sur un territoire adjacent à des paragrêles; une très petite quantité de grêlons tomba dans la première ligne, *mais pas un seul au-delà.* Il ajoute que, dans deux autres occasions, les habitans de la campagne observèrent que lorsque les nuages orageux approchaient des paragrêles, ils *se séparaient en deux et passaient de chaque côté.* Tous ces faits réunis forment un ensemble de preuves irrésistible. Me trouvant en Suisse en 1825, on me confirma partout le succès complet des paragrêles, et nous n'avons pas trouvé d'exemple d'un seul vignoble, ou d'un champ, qui muni de ces instrumens ait été frappé par la grêle; tandis qu'au contraire, à quelques milles de Neufchâtel, où, d'après des idées superstitieuses, on n'avait point élevé de paragrêles, les vignes furent entièrement détruites par ce météore, tandis que celles qui en étaient armées *n'éprouvèrent aucun dommage.* Nous pouvons donc raisonnablement inférer d'exemples si extraordinaires de conservation, qu'elle n'a été due qu'à l'application pratique d'une vérité scientifique; les districts mis à couvert se trouvaient sur la route même du nuage orageux; on le voyait cependant les traverser sans faire aucun mal, ou bien, s'il s'arrêtait dans sa course, et restait suspendu au-dessus d'eux, la précipitation à

laquelle il donnait naissance était d'une nature si molle et si bénigne qu'elle n'avait plus aucun caractère nuisible. En Angleterre, nous ne pouvons nous former aucune idée des ravages effrayans que produit la grêle sur le continent. Plusieurs sociétés se sont formées dans le but d'assurer les propriétés contre ce fléau ; mais nous nous hasardons à leur prédire que lorsque l'usage du paragrêle sera généralement adopté, époque qui sans doute n'est pas fort éloignée, ces compagnies deviendront inutiles et déjà une zone immense de paragrêles protège les territoires qui bordent les rives du Pô.

Nous allons maintenant entrer dans quelques détails théoriques sur l'action qu'exercent les paragrêles sur le nuage orageux ; observant d'ailleurs que quand bien même nous serions *incapables* d'en donner l'explication, le témoignage des faits n'en commanderait pas moins notre détermination en leur faveur ; car les faits conservent toujours leur attitude imposante indépendamment de toute théorie. Il paraît clairement prouvé que la *grêle* est un phénomène électrique, et l'on a aussi démontré que des paratonnerres avaient efficacement garanti les champs de la dévastation de la grêle, tandis que leurs adjacens en avaient été abîmés ; et c'est d'après ce principe que M. William, il y a déjà plusieurs années, proposa l'établissement des paratonnerres

dans notre pays; mais une armée de paragrêles nous semble bien préférable à quelques paratonnerres isolés, placés à une grande distance les uns des autres; l'influence de ceux-ci est limitée à un rayon double de la longueur du conducteur, tandis que la multiplicité des pointes, et leur rapprochement, comme cela a lieu pour les paragrêles, supplée à tout ce qui peut manquer aux premiers, sans parler même de la grande dépense qu'ils entraînent, circonstance qui seule les ferait rejeter. Si un paratonnerre isolé peut soutirer au nuage orageux ses terribles carreaux, et les dissiper aux quatre vents du ciel *a fortiori* les paragrêles, ou les fils métalliques effilés, convenablement multipliés, et répandus sur une vaste étendue, pourront exercer un pouvoir infiniment supérieur. L'électricité des nuages descend sur la terre au moyen de la grêle et de la pluie, et celles-ci sont plus ou moins violentes en proportion de la force électrique qui s'y trouve accumulée et de la résistance qu'offre l'atmosphère. Ces deux météores sont donc les canaux par lesquels le dégorgement s'opère, mais n'étant néanmoins que des conducteurs imparfaits, il s'ensuit qu'en leur présentant, sous forme de pointe, un autre conducteur plus efficace, la foudre préférera descendre par cette voie; dès lors ayant ainsi enlevé au nuage l'électricité qui était la cause de son aggréga-

tion, il se trouvera dissous et se dissipera. Une série de pointes soutirera donc sans bruit, en une infinité de petits courans capillaires, l'électricité accumulée : la masse d'eau renfermée dans le sein du nuage éprouve un effet semblable, et par conséquent elle se résoudra en une pluie douce, ou en neige sans consistance. On a lieu d'être surpris de voir que les surfaces conductrices d'une grande étendue ne sont que très rarement, et même jamais frappées de la foudre, et nous pensons que lorsque cela arrive on en trouve toujours pour cause déterminante quelques points plus élevés que les autres; les toitures en cuivre d'une si grande longueur qui couvrent les immenses dock-yards de Devonport et de Portsmouth, les arsenaux, les fonderies, les forges, les ponts en fer, en sont des preuves assez convaincantes. L'exemple le plus extraordinaire de ce fait que j'aie vu, est celui du magasin à poudre de Chester, dont le toit était entièrement en fer et entouré de chevaux de frise en fonte, pour sa plus grande sûreté ! Nous croyons cependant que depuis peu on a changé une disposition extraordinaire, et si peu raisonnée. Tout ce que nous venons de dire, concourt à prouver que la multiplicité des pointes, ou le plus grand développement de la surface conductrice tend à atténuer et à diviser l'électricité, qui sans cela, rassemblée en une masse dense et

concentrée, présenterait un danger imminent. De là vient que dans les grandes villes les accidens produits par le tonnerre sont assez rares, et que lorsqu'ils se manifestent, ils sont toujours déterminés par quelque cause fortuite; dans ces cas, le grand nombre de cheminées allumées, ou remplies de matières charbonneuses, tient lieu de conducteurs multipliés, et le terrible météore réserve sa funeste puissance pour l'exercer tout entière sur les maisons isolées, les arbres ou les chaumières. Si l'on présente une seule tige isolée à une masse dense d'électricité, elle devra y pénétrer en un torrent resserré; mais si on lui substitue un grand nombre de conducteurs distincts à une certaine distance les uns des autres, il est également évident qu'en offrant au fluide autant de canaux pour s'échapper, son intensité et sa force se trouveront divisées en raison de leur nombre : dans le premier cas c'est une vague énorme arrivant tout-à-coup ; dans le second, la vague est brisée en une infinité de filets d'eau, et sa force, irrésistible quand elle était rassemblée, est réduite à rien par sa division. Supposons que l'on suspende au conducteur d'une machine électrique une petite fiole remplie d'eau, et ayant un orifice assez étroit pour que le liquide n'en puisse tomber par gouttes; en mettant la machine en mouvement on verra

l'eau s'échapper de *l'orifice en un petit filet infiniment délié*; si l'on approche alors du conducteur une pointe à une distance suffisante pour soutirer seulement une partie de l'électricité développée, on verra le filet d'eau sortant de la bouteille diminuer dans la même proportion, et la grosseur du filet deviendra encore plus petite qu'auparavant. Supposons maintenant que l'on présente au conducteur *plusieurs pointes* capables de le décharger entièrement à la distance précédente, dans ce cas il ne s'échappera du vase aucune quantité d'eau. En attachant au conducteur d'une machine électrique, mise en action, une éponge saturée d'humidité, elle fournit une explication curieuse et très satisfaisante de la manière d'agir des paragrêles sur les nuages; on voit comment au-delà de la périphérie qu'embrasse le champ des paragrêles, la pluie peut être très violente, et les gouttes fort grosses, ou bien en se congelant former des grêlons et des fragmens de glace; comment en outre ces météores sont transformés en une pluie douce et en neige aussitôt qu'ils pénètrent dans la ligne des paragrêles, et lorsqu'ils viennent immédiatement au-dessus des *chevaux de frise*, où un faisceau de pointes multipliées opère une décharge complète de l'électricité du nuage, et en même temps des élémens de destruction

qu'il recélait dans son sein. La théorie des paragrêles, telle que nous venons de l'exposer, nous paraît de toutes manières satisfaire l'esprit, et c'est d'après ces principes que nous avons constamment combattu pour leur utilité depuis le moment que nous avons été témoin de leur heureuse application en Suisse et en Italie.

Nous allons maintenant nous livrer à l'examen rapide de quelques unes des principales *oppositions théoriques* que l'on a mises en avant contre l'utilité des paragrêles, en prévenant toutefois que ce n'est pas *une question de mots*, mais une question sur laquelle il doit être prononcé par la voix de l'évidence, et par l'ensemble des faits; et l'on ne peut pas arguer contre eux de quelque exemple *isolé* de *non-réussite*. Les antagonistes du paragrêle ont demandé quel effet on pouvait attendre d'un morceau de fil de laiton, de 1 ligne seulement d'épaisseur, attaché à une perche de 35 à 40 pieds de long lorsque les plus fortes barres de fer convenablement ajustées n'agissent que sur un rayon de cinquante pieds? Les objections que nous avons présentées contre l'emploi *du fer*, et les raisons sur lesquelles elles sont fondées ont déja été exposées. Nous pensons qu'une barre de fer peut être fort épaisse et néanmoins être de beaucoup inférieure par sa conductibilité à un mince fil de

cuivre, sans parler même ici de sa prompte oxidation qui augmente encore l'infériorité de son pouvoir conducteur; en outre, l'extension du rayon d'activité n'est pas en rapport avec la *masse*, mais bien avec la longueur de la tige, tandis que sa faculté conductrice exerce au contraire la plus grande influence. Si l'on n'employait qu'un *seul* paragrêle, il ne pourrait résister à la force rassemblée de l'orage, mais *plusieurs* diviseront la puissance électrique en autant de ramifications partielles très petites, ainsi que le démontrent les expériences de nos cabinets de physique. On a aussi avancé que pour que les paragrêles eussent quelqu'efficacité il faudrait qu'ils fussent capables de *prévenir l'accumulation* de l'électricité dans les nuages orageux, faculté qu'ils ne possèdent pas. Ils pourraient à la vérité empêcher la formation d'une nuée orageuse *au-dessus d'eux*, mais en général ces messagers de destruction viennent de loin, et le nuage, bien avant son arrivée, est depuis long-temps chargé d'électricité; les paragrêles soutirent seulement, comme autant de tubes capillaires, la portion de fluide qui le constitue nuage orageux. Sans faire attention à plusieurs objections frivoles qui n'ont pas la plus légère apparence de solidité, nous nous arrêterons seulement à celle fondée sur l'élévation des nuages, que l'on a regardée

naçait d'orage, la sentinelle qui montait la garde en cet endroit présentait au fer de cette pique celui d'une hallebarde qu'on laissait toujours là pour cette épreuve ; et si le fer de la pique étincelait beaucoup à l'approche de celui de la hallebarde, ou qu'il jetât par la pointe une petite gerbe lumineuse, alors il sonnait une cloche qui était auprès, pour avertir les gens de la campagne et les pêcheurs en mer, qu'ils étaient menacés d'un orage.

Il paraît que cette singulière coutume est pratiquée depuis des *siècles*. Il serait facile d'établir ainsi chez nous un signal pour avertir de l'approche de l'orage : combien d'existences ne sauverait-il pas dans certains lieux, comme, par exemple, auprès des côtes où se fait la pêche, l'île de Man, les Highlands d'Écosse, etc. ?

Nous recommandons donc très fortement l'adoption générale des paragrêles dans la Grande-Bretagne ; on en a déjà élevé d'après mes avis, et ils ont donné lieu a des phénomènes singuliers et intéressans.

Les bouffées de vent, les trombes, les torrens de pluie qui fondent sur la terre au printemps et à l'automne et quelquefois avec une rapidité extrême, ainsi que d'autres phénomènes météorologiques, peuvent être modifiés par des tiges de conducteurs sous forme de paragrêles,

et il en résultera un bénéfice incalculable. Tout ce qui change le caractère et l'état électrique de l'atmosphère, ce grand magasin des nuages orageux et de tous les élémens de tempête, doit nécessairement amener un changement et une amélioration de climat; et l'on peut attendre que les paragrêles, judicieusement distribués, produiront ces résultats et d'autres plus importans encore que l'imagination ne peut concevoir, ou les yeux de l'esprit se le représenter. Le typhus, par exemple, a ses lignes de démarcation bien tracées, entre lesquelles il fait annuellement des visites régulières; et le *bronchocèle* ou goître est obstinément fixé dans certaines localités invariables. L'établissement des paragrêles entre ces lignes et dans ces lieux aurait-il quelqu'influence? et quel serait leur effet? C'est sous tous les rapports une question d'un haut intérêt, et que nous ne pouvons résoudre *à priori*; les phénomènes sont environnés de trop de difficultés, et dans l'état présent de nos connaissances nous ne pouvons nous hasarder à émettre une opinion: nos données sont trop insuffisantes. Les champs de blé, les fermes, les vergers, les jardins et particulièrement les pelouses et les parcs d'agrément devront être armés de paragrêles. On peut les disposer de manière qu'ils soient en même

temps un objet d'utilité et d'agrément ; on pourra faire grimper autour de leurs tiges la clématite, la rose multiflore, le passiflore, le houblon, ou l'odorant chèvrefeuille. Il est nécessaire d'en garnir les arbres isolés détachés d'un groupe général, car ils sont plus particulièrement sujets à être frappés de la foudre. Mais les paragrêles sont surtout utiles dans tous les endroits où il y a une longue étendue de vitres, tels que les serres et les châssis, et nous pensons que, même dans notre pays, on peut estimer à plusieurs mille livres sterling (50 à 100,000 fr.) la perte occasionée annuellement par la grêle, sans y comprendre la valeur des végétaux exotiques perdus. On devra entourer les magasins à poudre d'une double ligne de paragrêles: tout dans l'intérieur de ce cercle magique serait alors en sûreté. Nous ne savons pas quelle influence un cercle de paragrêles pourrait avoir sur un étang ; un de nos amis, très instruit, sir M***. nous a suggéré qu'ils l'empêcheraient peut-être de geler, cela néanmoins nous paraît douteux, car ce dernier effet n'est lié qu'avec le rayonnement.

Le houblon, sur lequel est établie une branche de commerce si étendue et qui, par les droits dont il est frappé, forme une partie si considérable du revenu public, n'est cependant

mentation de liquide. La question quant à moi fut complètement résolue ; car ayant bien lavé et complètement essuyé la feuille, je vis distinctement à l'aide de la loupe les globules sortant de ses pores. Notre opinion sur ce sujet est donc entièrement contraire à celle de M. Major (1) qui a si singulièrement confondu le miellat avec l'excrétion gommo-résineuse de *l'acacia glutinosa*, du marronier d'Inde, et du tacamahac (populus balsamifera), comprenant même la famille des *cisti*, et le *cistus creticus*, qui fournit la gomme résine très connue sous le nom *de gomme labdanum*, et que l'on obtient, par occasion pensons-nous, en peignant les barbes des chèvres qui s'en sont chargées en broutant au milieu des côtes dans l'île de Candie.

S'il est probable, et nous pensons que cette induction est évidente, qu'un changement dans l'état électrique de l'atmosphère précède toujours l'apparition des pucerons sur le houblon, et que leur présence est le signal d'une maladie qui dispose toute la plante à un état morbide, on ne peut douter qu'en élevant des fils de cuivre attachés çà et là aux perches qui soutiennent le houblon, et formant ainsi autant de paragrêles, on pourrait opérer un effet

(1) *Treatise on insects.* Lond. 1829, in-8°, pag. 17.

utile, et se mettre à l'abri de ces changemens électriques dont l'effet sur la houblonnière est si pernicieux. Les planteurs de houblon savent bien que lorsqu'il arrive dans le temps un changement favorable, la récolte qui était déjà menacée, reprend *soudainement* un aspect plus vigoureux et plus sain; ou, pour se servir de leur langage, elle *revient;* tandis que les pucerons, sur lesquels on en jette tout le blâme, ont aussi soudainement disparu, sans que la bête à Dieu (*coccinella*) ait éclairci leurs rangs; lorsque dans le langage des planteurs la plante du houblon avait d'abord été frappée par eux. La vérité est que leur nourriture se trouve alors anéantie, et leurs cadavres attestent le défaut d'alimens qui les a fait périr.

Nous conclurons enfin qu'un système aussi formidable de *chevaux de frise* formés de conducteurs armés de pointes, doit être une bien plus sûre garantie pour nos maisons et nos champs, qu'une tige de paratonnerre isolée qui d'après sa construction vicieuse est le plus souvent nuisible, et qui en outre est beaucoup plus coûteuse. Le paratonnerre, dans son état le plus parfait, ne possède qu'une action fort bornée; tandis que le paragrêle embrasse un vaste espace, son action est complète et efficace; le premier, même bien établi, peut protéger au plus une aile de bâtiment, le second

étend sa protection sur tout le domaine de nos personnes et de nos propriétés, disperse les elémens salutaires d'une atmosphère épurée et améliorée sur nos plantes, ainsi que sur nos troupeaux; leur communique la douce influence d'un climat meilleur encore que celui de l'Italie et des îles, en empêchant les transitions brusques des vicissitudes continuelles, et s'opposant à l'invasion des maladies.

FIN.

NOTES.

NOTE I.

Sur les Volcans.

Quelques géologues du siècle dernier avaient considéré les phénomènes volcaniques comme produits par la combustion spontanée des pyrites ferrugineuses renfermées dans le sein de la terre; cette hypothèse avait pour base une expérience curieuse connue en chimie sous le nom de *Volcan de Lemery*; elle consiste à faire un trou dans la terre et à y introduire un mélange intime de 5 ou 6 livres de limaille de fer avec autant de soufre réduit en poudre; on humecte le tout avec assez d'eau pour le réduire en une pâte liquide, et, au bout d'un certain temps, ce mélange se gonfle, s'échauffe, se fend; il s'en exhale beaucoup de vapeurs, et à la fin il s'enflamme avec une explosion plus ou moins violente, accompagnée de la projection dans l'air de particules de fer en ignition. Tous ces phénomènes ont effectivement beaucoup d'analogie avec ceux que présentent les volcans; mais cette ressemblance n'est qu'apparente, et une seule objection suffit pour faire rejeter cette explication; c'est que l'expérience ne réussit qu'autant que le fer est à l'état métallique, et que dans l'intérieur de la terre ce métal ne s'est jamais rencontré en cet état; il y est toujours à celui d'oxide. La nature des laves est encore contraire à l'hypothèse de Lemery.

Sir H. Davy a tenté récemment de donner l'explication

des éruptions volcaniques, en partant de ce fait qu'il existe des métaux (le *potassium* et le *sodium*) capables de s'enflammer par le seul contact de l'air et de l'eau. Dans l'origine des choses, ces métaux, qui existaient en grande proportion à la surface de la terre, s'enflammèrent spontanément; toute la surface fut alors en état d'ignition et se changea bientôt en une croûte plus ou moins épaisse de corps brûlés; l'eau répandue ensuite sur la première couche de terre ainsi solidifiée, pénétrant à travers ses fissures, atteignit les couches inférieures, et, par la décomposition, continuant d'enflammer les mêmes métaux, détermina dans divers points des soulèvemens de terrain et des éruptions volcaniques. On explique de cette manière comment les éruptions ont dû être plus fréquentes dans les temps anciens, et comment elles doivent devenir de plus en plus rares à mesure que la croûte extérieure du globe s'épaissira davantage. Davy cite à l'appui de son opinion la nature des gaz qui s'exhalent des cratères des volcans, et qui sont précisement ceux qui doivent résulter de la décomposition de l'eau par les métaux. On objecte contre cette théorie de Davy que le plus haut degré de température de la terre devrait alors se trouver à une profondeur de quelques lieues, au point où la combustion est encore active, et où les volcans ont leur source, et qu'à partir de ce point, elle devrait aller en décroissant jusqu'au centre, ce qui paraît contraire aux faits observés.

L'opinion qui semble aujourd'hui réunir le plus grand nombre de partisans, est celle qui a été émise par M. Cordier, et à laquelle M. Gay-Lussac a ajouté beaucoup de force par ses considérations importantes sur la nature des

matières salines rejetées par les volcans. Elle consiste à regarder les phénomènes volcaniques comme produits parl'irruption fortuite ou périodique de l'eau de la mer sur les matières centrales de la terre que la chaleur interne du globe tient dans un état constant de fusion. Il est hors de doute aujourd'hui que, dans l'origine des choses, la masse du globe terrestre était tenue à l'état de fluidité par la chaleur; que c'est à cette fluidité, jointe au mouvement de rotation, qu'est dû le renflement de la terre à l'équateur et son aplatissement aux pôles; que sa surface extérieure s'est refroidie et solidifiée la première, tandis que ses parties internes restent encore échauffées plus ou moins, en proportion de leur distance à la surface. Les expériences nombreuses faites dans les mines les plus profondes tendent toutes à prouver en effet que la chaleur intérieure de la terre accroit d'une manière constante avec la profondeur, et, d'après les observations thermométriques faites à l'Observatoire de Paris, on peut estimer approximativement cet accroissement à un degré pour 30 mètres de profondeur; or, si l'on calcule d'après cette donnée, on trouverait à 2,200 mètres, ou environ une demi-lieue, une température égale à celle de l'eau bouillante, et à une très petite profondeur relativement au rayon terrestre, une chaleur suffisante pour tenir en fusion toutes les laves et une grande partie des roches. En supposant en effet que cette chaleur soit de 10 degrés du pyromètre de Wedgwood, et en calculant d'après l'évaluation ci-dessus, ce degré de température devrait se trouver à 200,000 mètres, ou environ 40 lieues, c'est-à-dire $\frac{1}{31}$ du rayon terrestre; mais si l'on fait attention à la grande fluidité des laves, et au peu de temps qui

s'écoule entre les symptômes des éruptions volcaniques, et celui où elles s'effectuent, on sera conduit à conclure que la fluidité centrale commence à une moindre profondeur. On sait en outre que la terre est plus dense dans son intérieur qu'à sa surface, la masse interne ne peut donc être formée que de substances métalliques dont la densité est bien plus grande que celle des substances pierreuses de sa croûte; et le peu de métaux que l'on trouve disséminés au milieu de l'écorce minérale y ont été visiblement apportés de bas en haut, par les agens intérieurs. On peut donc admettre avec beaucoup de vraisemblance que l'intérieur du globe est formé de substances métalliques tenues en fusion par la haute température qui règne à ces profondeurs.

Cette hypothèse de la fluidité actuelle de la masse interne et de l'action sur elle de l'eau des mers se prête admirablement à l'explication de tous les faits observés. La haute température à laquelle sont soumises les matières en fusion qui composent la masse centrale fait concevoir aisément, lorsque l'eau fait irruption sur elle, la production de matières gazeuses dont l'existence se manifeste dans les éruptions volcaniques; et la pression exercée sur cette enveloppe flexible et inégalement résistante dans les différentes parties par les gaz et les matières fondues elles-mêmes, explique d'une manière très plausible les phénomènes des éruptions, tels que les tremblemens de terre, les soulèvemens de montagnes, les dislocations de terrains, la formation des fentes, et celle de ces vastes soupiraux par lesquels la lave s'échappe au dehors. L'hypothèse dont il s'agit, explique très bien aussi l'immense quantité de produits volcaniques qui ont été amenés de l'intérieur de la

terre à la surface, l'identité de la nature des laves rejetées sur les points les plus éloignés du globe, et la ressemblance qu'elles offrent avec les roches des terrains qui paraissent avoir été formés par soulèvement. Enfin elle explique avec la même facilité la chaleur des sources thermales, leur composition salino-minérale, et les gaz qu'elles contiennent. Il faut encore observer que les volcans connus, à l'exception de deux, situés dans l'Asie centrale, et dont l'existence est douteuse, sont tous placés à une assez petite distance des bords de la mer; cette disposition remarquable, ainsi que la grande abondance de chlorures et même de sel marin que l'on rencontre dans les produits volcaniques, ne semble-telle pas prouver évidemment que l'eau de la mer joue le plus grand rôle dans ces phénomènes?

NOTE H. *Le tremblement de terre de Lisbonne.*

Le premier novembre 1755, vers les neuf heures quarante minutes du matin, une très violente secousse de tremblement de terre se fit sentir; elle parut durer environ *un dixième de minute*, et en ce moment toutes les églises et les couvens de la ville, avec le palais du roi et la magnifique salle d'opéra, qui était attenante, s'écroulèrent; en un mot, il n'y eut pas un seul édifice considérable qui restât debout; environ un quart des maisons particulières eurent le même sort; et, suivant un calcul très modéré, il périt environ *trente mille* personnes. La durée totale du tremblement de terre fut de cinq à sept minutes. Le premier choc fut extrêmement court; il fut suivi, avec la vitesse d'un éclair, de deux autres secousses, et l'on a généralement fait mention des trois en-

semble comme d'une seule. Vers midi il y en eut une seconde; j'étais alors dans le parvis du palais du roi; j'eus l'occasion de voir les murs de plusieurs maisons qui étaient encore debout, s'ouvrir du haut en bas, de plus d'un pied, et se refermer si exactement qu'il ne restait aucune marque de séparation. Le spectacle funeste des corps morts, les cris et les gémissemens des mourans à demi ensevelis dans les ruines, sont au-delà de toute description; la crainte et la consternation étaient si grandes, que les personnes les plus résolues n'osèrent rester un moment pour écarter quelques pierres de dessus l'individu qu'elles aimaient le plus, quoique plusieurs eussent pu être sauvés par ce moyen: mais on ne pensa à rien autre chose qu'à sa propre conservation. Le moyen le plus probable était de gagner les places découvertes et le milieu des rues. Ceux qui étaient dans les étages supérieurs furent en général plus fortunés que ceux qui tentèrent de s'échapper par les portes; car ceux-ci furent ensevelis sous les ruines, avec la plus grande partie des gens qui passaient à pied. Ceux qui étaient dans des équipages, s'en tirèrent le mieux, quoique le cocher et les chevaux fussent très maltraités; mais le nombre des personnes écrasées dans les maisons et dans les rues ne fut pas comparable à celui des gens qui furent ensevelis sous les ruines des églises. Comme c'était un jour de grande fête, et à l'heure de la messe, elles étaient toutes très pleines. Or, le nombre des églises est ici plus grand qu'à Londres et à Westminster ensemble; les clochers qui étaient fort élevés, tombèrent presque tous avec les voûtes des églises, en sorte qu'il ne s'échappa que peu de monde.

Si la misère eût fini là, elle aurait pu se réparer à cer-

tain point; et quoique les vies ne pussent être rendues, les richesses immenses qui étaient sous les ruines auraient pu en-être retirées en partie; mais toute espérance est presque perdue à cet égard; car environ deux heures après le choc, le feu se manifesta en trois endroits différens de la ville; il était occasioné par les feux des cuisines, que le bouleversement avait rapprochés des matières combustibles de toute espèce. Vers ce temps aussi un vent très fort succéda au calme, et anima tellement la violence du feu, qu'au bout de trois jours la ville fut réduite en cendres. Tous les élémens parurent conjurés pour nous détruire. Aussitôt après le choc, qui fut à peu près au temps de la plus grande élévation des eaux, le flot monta dans un instant *quarante pieds* plus haut qu'on ne l'avait jamais observé, et se retira aussi subitement : s'il n'eût pas ainsi rétrogradé la ville entière serait restée sous l'eau.

Aussitôt que nous eûmes le temps de réfléchir, la mort seule se présenta à notre imagination.

Premièrement, la crainte que le nombre des corps morts, la confusion générale, et le manque de bras pour les enterrer, ne donnassent naissance à une maladie contagieuse, était très alarmante; mais le feu les consuma et prévint ce mauvais effet.

Deuxièmement, la crainte de la famine était terrible; car Lisbonne est le magasin à blé pour tout le pays à 50 milles à la ronde. Cependant quelques uns des greniers furent heureusement sauvés; et quoique dans les trois jours qui suivirent le tremblement de terre, une once de pain valût une livre d'or, il devint ensuite assez abondant, et nous fûmes délivrés de la disette.

La troisième grande crainte était que la classe vile du peuple ne prît avantage de la confusion pour tuer et voler le petit nombre de ceux qui avaient sauvé quelque chose. Cela arriva jusqu'à un certain point; sur quoi le roi ordonna que l'on dressât des gibets tout autour de la ville, et après environ une centaine d'exécutions, dans lesquelles se trouvèrent compris quelques matelots anglais, le mal fut arrêté.

Nous sommes encore (18 novembre) dans un état de perplexité; nous avons essuyé jusqu'à *vingt-deux* secousses différentes depuis la première, quoique aucune n'ait été assez violente pour renverser les maisons qui ont échappé au premier choc. Mais personne n'ose encore coucher dans les maisons; et quoique nous soyons généralement exposés aux injures de l'air, faute de matériaux pour faire des tentes, et quoiqu'il ait plu pendant quelques nuits, j'observe que les personnes les plus délicates souffrent ces incommodités avec aussi peu d'inconvéniens que les plus saines et les plus robustes. Tout est encore pour nous dans la plus grande confusion imaginable; nous n'avons ni vêtemens, ni meubles, ni argent pour en tirer d'ailleurs.

Toute l'Europe est intéressée dans la perte immense d'argent et de marchandises qu'a causée cette catastrophe, mais aucune nation n'y a autant perdu que la nôtre. Il y a eu peu d'Anglais tués en comparaison des autres étrangers, mais un grand nombre ont été blessés; et ce qui ajoute à leur infortune, c'est que, quoique nous soyons ici trois chirurgiens anglais, nous ne pouvons les soulager, faute d'instrumens, de bandages et d'appareils.

Deux jours après le premier choc, il y eut des ordres de creuser pour chercher les corps; et on en a retiré un

grand nombre qui sont revenus à la vie. Je pourrais rapporter des exemples de rétablissement très extraordinaires. En un mot, c'est une chose merveilleuse que nous ne soyons pas tous perdus. J'étais logé dans une maison où habitaient *trente-huit* personnes; il ne s'en est sauvé que *quatre*. Huit cents périrent dans la prison civile; douze cents dans l'hôpital général; dans un grand nombre de couvens qui contenaient chacun quatre cents personnes, il n'en est échappé aucune. L'ambassadeur d'Espagne a péri avec trente-cinq domestiques. Il serait trop long d'entrer dans de plus grands détails, car je n'ai eu que par hasard le papier sur lequel j'écris, et un mur de jardin me sert de pupitre.

Il arriva heureusement que le roi et la famille royale étaient à Bélime, maison royale à une lieue de la ville. Le palais du roi dans la ville s'écroula à la première secousse; mais les habitans du pays assurent que le bâtiment de l'inquisition fut renversé le premier. La secousse s'est fait sentir dans toute l'étendue du royaume, mais plus particulièrement le long des côtes. Faro, Saint-Ubaldi et quelques unes des grandes villes commerçantes, sont dans une situation encore pire, s'il est possible, que Lisbonne, quoique la ville de Porto ait entièrement échappé.

Il est possible que la cause de tous ces désastres soit venue du fond de l'Océan occidental; car je viens de converser avec un capitaine de vaisseau qui paraît un homme de grand sens, et qui m'a dit qu'étant à cinquante lieues au large, il éprouva une secousse si violente, que le pont de son vaisseau en fut très endommagé. Il crut s'être trompé dans son estime et avoir touché sur un rocher: il fit mettre aussitôt sa chaloupe à l'eau pour sauver son

équipage; mais il parvint heureusement à amener son vaisseau, quoique très endommagé, jusque dans le port.

(*Lettre écrite à la société royale de Londres, par* M. WOLFAL, *chirurgien.*)

NOTE III. *Sur les Fontaines végétales.*

La manière dont la providence a pourvu à la soif de l'homme, dans les lieux arides, n'est pas moins digne d'admiration. Elle a mis dans les sables brûlans de l'Afrique une plante dont la feuille contournée en burette est toujours remplie d'un grand verre d'eau fraîche; le goulot de cette burette est fermé par l'extrémité même de la feuille, en sorte que l'eau ne peut pas s'en évaporer. Elle a planté sur quelques terres arides du même pays, un grand arbre appelé par les nègres *Boa*, dont le tronc, monstrueusement gros, est naturellement creusé comme une citerne; dans la saison des pluies, il se remplit d'eau, qu'il conserve fraîche dans les plus grandes chaleurs, au moyen du feuillage touffu qui en couronne le sommet. Enfin elle a placé sur les rochers arides des îles Antilles, des fontaines végétales. On y trouve communément une liane, appelée liane à eau, si remplie de sève, que si on en coupe une simple branche, il en coule sur-le-champ autant d'eau qu'un homme en pourrait boire d'un trait; elle est très limpide et très pure. Dans les lagunes de la baie de Campêche, les voyageurs trouvent un autre secours: ces lagunes, au niveau de la mer, sont presque entièrement inondées dans la saison pluvieuse, et elles sont si arides dans la saison sèche, qu'il est arrivé à plusieurs chasseurs qui s'étaient égarés dans les forêts dont elles sont couvertes, d'y mourir de soif. Le célèbre voya-

geur Dampier rapporte qu'il a échappé plusieurs fois à ce malheur par le secours d'une végétation fort extraordinaire qu'on lui avait fait remarquer sur le tronc d'une espèce de pin qui y est fort commun : elle ressemble à un paquet de feuilles placées l'une sur l'autre par étages ; et à cause de sa forme, et de l'arbre où elle croît, il l'appelle *pomme de pin*. Cette pomme est pleine d'eau, en sorte qu'en la perçant à sa base avec un couteau, il en découle aussitôt une bonne pinte d'une eau très claire et très saine. Le père Dutertre raconte qu'il a trouvé plusieurs fois un pareil rafraîchissement dans les feuilles, tournées en cornet, d'une espèce de balisier, qui croît sur les plages sablonneuses de la Guadeloupe.

NOTE IV. *Sur les gymnotes.*

M. de Humboldt a donné la description suivante de la pêche de ces poissons.

Nous partîmes le 19 mars de grand matin pour le petit village de Rastro-Abaxo ; de là les Indiens nous conduisirent à un ruisseau qui, dans le temps des sécheresses, forme un bassin d'eau bourbeuse, entouré de beaux arbres, de clusis, d'amyn, et de mimoses à fleurs odoriférantes. La pêche des gymnotes avec des filets est très difficile, à cause de l'extrême agilité de ces poissons, qui s'enfoncent dans la vase comme des serpens. On ne voulut point employer le barbasco, c'est-à-dire les racines du *piscidia erithrini*, du *jacquinia amaryllis* et de quelques espèces de *phyllantus*, qui, jetées dans une mare, enivrent ou engourdissent ces animaux. Ce moyen aurait affaibli les gymnotes; les Indiens nous disaient qu'ils allaient *pêcher avec des chevaux*, *embascos con cavallos*. Nous

eûmes de la peine à nous faire l'idée de cette pêche extraordinaire; mais bientôt nous vîmes nos guides revenir de la savane où ils avaient fait une battue de chevaux et de mulets non domptés. Ils en amenèrent une centaine qu'on força d'entrer dans la mare.

Le bruit extraordinaire causé par le piétinement des chevaux, fait sortir les poissons de la mare, et les excite au combat. Ces anguilles jaunâtres et livides, semblables à de grands serpens aquatiques, nagent à la surface de l'eau, et se pressent sous le ventre des chevaux et des mulets. Une lutte entre ces animaux d'une organisation si différente offre le spectacle le plus pittoresque. Les Indiens, munis de harpons et de roseaux longs et minces, ceignent étroitement la mare; quelques uns d'entre eux montent sur les arbres dont les branches s'étendent horizontalement sur la surface de l'eau. Par leurs cris sauvages et la longueur de leurs joncs, ils empêchent les chevaux de se sauver en atteignant la rive du bassin. Les anguilles étourdies du bruit, se défendent par la décharge réitérée de leurs batteries électriques. Pendant long-temps elles ont l'air de remporter la victoire. Plusieurs des chevaux succombent à la violence des coups invisibles qu'ils reçoivent de toute part dans les organes les plus essentiels de la vie; étourdis par la force et la fréquence des commotions, ils disparaissent sous l'eau; d'autres haletant, la crinière hérissée, les yeux hagards, et exprimant l'angoisse, se relèvent et cherchent à fuir l'orage qui les surprend. Ils sont repoussés par les Indiens au milieu de l'eau: cependant un petit nombre parviennent à tromper l'active vigilance du pêcheur. On les voit gagner la rive, broncher à chaque pas, s'étendre dans le sable, excédés de fatigue

et les membres engourdis par les commotions électriques des gymnotes.

En moins de cinq minutes deux chevaux étaient noyés. L'anguille ayant cinq pieds de long, et se pressant contre le ventre des chevaux, fait une décharge de toute l'étendue de son organe électrique. Elle attaque à la fois le cœur, les viscères, et le *plexus cœliacus* des nerfs abdominaux. Il est naturel que l'effet qu'éprouvent les chevaux soit plus puissant que celui que le même poisson produit sur l'homme, lorsqu'il ne le touche que par une de ses extrémités. Les chevaux ne sont probablement pas tués, mais simplement étourdis; ils se noient, étant dans l'impossibilité de se relever, par la lutte prolongée entre les autres chevaux et les gymnotes.

Nous ne doutions pas que la pêche ne se terminât par la mort successive des animaux qu'on y emploie; mais peu à peu, l'impétuosité de ce combat inégal diminue, les gymnotes fatigués se dispersent. Ils ont besoin d'un long repos, et d'une nourriture abondante, pour réparer ce qu'ils ont perdu de force galvanique. Les mulets et les chevaux parurent moins effrayés; ils ne hérissaient plus la crinière, leurs yeux exprimaient moins l'épouvante. Les gymnotes s'approchaient timidement du bord du marais, et on les prit au moyen de petits harpons, attachés à de longues cordes. Lorsque les cordes sont bien sèches, les Indiens, en soulevant le poisson dans l'air, ne ressentent point de commotion. En peu de minutes nous eûmes cinq grandes anguilles, dont la plupart n'étaient que légèrement blessées. D'autres furent prises vers le soir par les mêmes moyens.

La température des eaux dans lesquelles vivent habi-

tuellement les gymnotes, est de 26 à 27 degrés. On assure que leur force électrique diminue dans les eaux plus froides; et il est assez remarquable en général, comme l'a déjà observé un physicien célèbre, que les animaux doués d'organes électro-moteurs, dont les effets deviennent sensibles à l'homme, ne se rencontrent pas dans l'air, mais dans un fluide conducteur de l'électricité. Le gymnote est le plus grand des poissons électriques; j'en ai mesuré qui avaient de 5 pieds à 5 pieds 3 pouces de long. Les Indiens assuraient en avoir vu de plus grands encore. Nous avons trouvé qu'un poisson qui avait 3 pieds 10 pouces de long, pesait douze livres. Le diamètre transversal du corps était (sans compter la nageoire anale, qui est prolongée en forme de carène) de 3 pouces 5 lignes. Les gymnotes du Caïro de Bera sont d'un beau vert d'olive; le dessous de la tête est jaune mêlé de rouge. Deux rangées de petites taches jaunes sont disposées symétriquement le long du dos, depuis la tête jusqu'au bout de la queue. Chaque tache renferme une ouverture excrétoire: aussi la peau de l'animal est-elle constamment couverte d'une matière muqueuse, qui, comme Volta l'a prouvé, conduit l'électricité vingt à trente fois mieux que l'eau pure. Il est en général assez remarquable qu'aucun des poissons électriques découverts jusqu'ici dans les différentes parties du monde ne soit couvert d'écailles.

Note V. *Sur la Rosée.*

Aristote avait remarqué que la rosée ne paraît que dans les nuits calmes et claires. Le docteur Wells fait voir qu'il ne s'en dépose jamais dans les circonstances opposées, et *que peu* seulement lorsque les nuages sont très élevés.

Il ne s'est jamais manifesté de rosée dans des nuits et nuageuses et venteuses; et si, dans le cours de la nuit, le temps, de serein qu'il était auparavant, était devenu obscur et orageux, la rosée qui se sera déposée pendant que le temps était serein, disparaîtra; dans un temps calme, si le ciel est en partie couvert de nuages, il y aura plus de rosée que s'il en était entièrement exempt.

La rosée commence probablement à paraître dans la campagne, sur l'herbe, dans les lieux qui sont abrités du soleil dans un temps clair et calme, aussitôt après que la chaleur de l'atmosphère a décliné: et elle continue à se déposer pendant toute la nuit, jusqu'à un peu après le lever du soleil. Sa quantité dépendra, jusqu'à un certain point, de la proportion d'humidité dans l'atmosphère; et par conséquent elle sera plus grande après la pluie qu'après une longue durée de temps sec; et, en Europe, avec les vents du midi et de l'ouest, qu'avec ceux soufflant du nord et de l'est. La direction de la mer détermine ce rapport des vents à la rosée, car, en Égypte, on n'observe à peine jamais la rosée, si ce n'est lorsque les vents de nord ou étésiens prédominent. Il s'ensuit aussi que la rosée est généralement plus abondante dans le printemps et dans l'automne que dans l'été; et elle est toujours très abondante dans celles de ces nuits claires qui sont suivies de matinées avec brouillard, indiquant que l'air est chargé d'humidité; et une matinée claire, succédant à une nuit orageuse, détermine le dépôt total de la vapeur retenue. Lorsque la chaleur de l'atmosphère est compatible avec la clarté, comme c'est le cas dans les latitudes méridionales, la rosée devient beaucoup plus abondante, parce que l'air contient alors plus d'humidité. La rosée continue à

se former avec une abondance qui va en augmentant à mesure que la nuit s'avance, à raison de ce que le refroidissement de la terre augmente.

La rosée, est, suivant Aristote, une espèce de pluie, formée dans l'atmosphère inférieure, par suite de la condensation en très petites gouttes de son humidité, par le froid de la nuit. Des opinions de cette sorte, dit le docteur Wells, sont encore maintenues par beaucoup de personnes. Cependant un fait annoncé pour la première fois par Gerstin, qui publia en 1773 son traité sur la rosée, leur prouve que cette opinion est erronée; car il observa que des corps un peu élevés dans l'air, deviennent souvent humides de rosée, tandis que des corps semblables, gisant sur la terre, restent secs, quoique nécessairement *aussi* susceptibles par leur situation que les premiers d'être mouillés par tout ce qui tombe des cieux. L'opinion ci-dessus est complètement réfutée par ce qu'on va dire, relativement aux surfaces métalliques qui, exposées à l'air dans une situation horizontale, restent sèches, tandis que tous les corps autour d'elles se couvrent de rosée. A la suite d'un long temps de sècheresse, l'air étant très calme et le ciel serein, le docteur Wells exposa à l'air, 28 minutes avant le coucher du soleil, des pièces de laine et d'étoffe de duvet de cygne dont il avait préalablement pris le poids, étendues sur une table de bois de sapin, parfaitemement sèche, lisse, non peinte, de un mètre et demi de long, environ un mètre de large, et à peu près autant de hauteur, qui avait été placée, une heure auparavant, à la clarté du soleil dans un grand pré bien plat. On trouva que la laine, 12 minutes après le coucher du soleil, était de 7° 7 plus froide que l'air, et n'avait pas

augmenté de poids. L'étoffe de duvet de cygne, dont la quantité était beaucoup plus grande que celle de la laine, était dans le même temps de 6° 5 plus froide que l'air, et aussi sans aucune augmentation de poids. Au bout de 20 minutes de plus, l'étoffe de duvet de cygne était de 7° 97 plus froide que l'air environnant, et encore sans qu'il y eût augmentation dans son poids. Dans le même temps, le pré était de 8° plus froid à environ un mètre au-dessus de la terre.

D'après un très grand nombre de faits dérivant de l'observation et de l'expérience, le docteur Wells fut porté à établir la proposition que les corps deviennent plus froids que l'air environnant *avant* qu'ils soient humectés par la rosée; ainsi donc, le froid que le docteur Wilson et M. Six conjecturaient être l'effet de la rosée, paraît actuellement en être la cause; mais comment la surface de la terre est-elle rendue plus froide que l'atmosphère? C'est par le rayonnement ou projection de chaleur dans l'espace. Or, il a été démontré par les recherches du professeur Leslie, et celles du comte de Rumford, que les corps divers projettent la chaleur dans des degrés de force très différens.

Dans la manière d'agir de ce principe réuni au pouvoir d'un miroir concave d'un nuage, relativement au réflecteur, ces émanations calorifiques, qui se seraient dissipées dans un ciel clair, se trouveront être une solution des phénomènes les plus mystérieux de la rosée. Il faut ici prendre deux circonstances en considération:

1° L'exposition de la surface particulière qui doit recevoir la rosée, à l'aspect libre du ciel.

2° Le pouvoir rayonnant particulier de la surface; tout

ce qui tend à diminuer la vue du ciel pour le corps qui y est exposé, est un obstacle à l'abaissement de la température, et il en résulte que la quantité de rosée formée sur ce corps, est moindre qu'elle ne l'eût été, si l'exposition de ce corps au ciel avait été complète.

Le docteur Wells ayant recourbé une feuille de carton sous un angle de 90 degrés, de manière à lui donner la forme d'un toit ou faîte de maison, laissant l'une et l'autre extrémité ouvertes, il placa le soir ce carton, son bord en l'air, sur une pièce de gazon, dans la direction du vent, autant qu'il lui fut possible de la reconnaître. Le docteur déposa alors 10 grains en poids de laine blanche et médiocrement fine, qui n'avait point été séchée artificiellement, au milieu de la partie de gazon abritée par le toit de carton, et la même quantité sur une autre partie du gazon complètement exposée au ciel. On trouva le lendemain matin, que la laine abritée avait augmenté de poids de 2 grains seulement, tandis que celle exposée au ciel libre avait acquis 16 grains. Le docteur Wells varia l'expérience dans la même nuit, en plaçant debout, sur la pièce de gazon, un cylindre creux d'argile cuite au four, d'un pied de diamètre, et de deux pieds et demi de haut. Il déposa sur le gazon, autour du bord extérieur du cylindre, 10 grains de laine, qui, dans cette situation, comme il ne faisait pas le moindre vent, devraient avoir reçu autant de pluie qu'une pareille quantité de laine complètement exposée au ciel. Mais la quantité d'humidité acquise par la laine que le cylindre privait en partie de *l'aspect* du ciel, ne fut que d'environ 2 grains, tandis que celle acquise par la même quantité de laine, pleinement exposée, était de 16 grains. L'état de repos d'un

corps semble nécessaire pour qu'il acquière son plus grand degré de refroidissement, et que la rosée s'y dépose complètement. Des allées sablées, et des espaces pavés projettent de la chaleur, et acquièrent moins facilement de la rosée qu'une surface couverte d'herbes. Il s'ensuit que de la laine placée sur ces allées, ou espaces pavés, a sa température moins abaissée que lorsqu'elle est posée sur l'herbe, et que par conséquent elle est moins mouillée de rosée. Ici la laine n'attire pas l'humidité par l'effet de l'action capillaire de l'herbe; car le même effet a lieu si l'on place la laine dans une soucoupe. Ce n'est pas non plus l'attraction hygrométrique; car de la laine posée, dans une nuit orageuse, sur une planche élevée, acquiert à peine de l'augmentation de poids.

Si l'on isole de la laine à quelques pieds de terre sur un mauvais conducteur de la chaleur, tel qu'une planche, elle deviendra encore plus froide qu'étant en contact avec la terre, et acquerra beaucoup plus de rosée que sur l'herbe. A l'extrémité de la planche, vers le vent, la laine est moins mouillée de rosée qu'à l'extrémité opposée, parce que, dans le premier cas, sa température se rapproche davantage de celle de l'atmosphère. Des surfaces raboteuses et poreuses, telles que des raclures ou copeaux de bois, prennent plus de rosée que du bois lisse et solide; et la soie écrue, plus que le coton, et plus puissamment même que la laine. Le verre projette rapidement la chaleur, et aussi il se recouvre rapidement de rosée, mais les métaux clairs ou brillans attirent plus fortement la rosée que d'autres corps. Si l'on recouvre, en partie, un morceau de verre avec de l'étain clair en feuille, ou avec une feuille d'argent, la portion du verre qui n'est pas couverte

se refroidit promptement par le rayonnement, lorsqu'elle est exposée au ciel clair de la nuit, et elle acquiert de l'humidité qui commence sur celles des parties qui sont le plus éloignées du métal, et s'en rapproche peu à peu. De même aussi, si l'on recouvre extérieurement une portion de carreau de vitre avec de l'étain en feuille, alors, dans une nuit claire, il se déposera à l'intérieur de l'humidité sur chaque partie de ce carreau de vitre à l'exception de celle opposée au métal. Mais si la couverture du carreau de vitre par le métal est faite à l'intérieur, alors le verre au-dessous et au-delà deviendra plus promptement et plus abondamment mouillé de rosée. Dans le premier cas, la feuille d'étain empêche que la chaleur du verre au-dessous ne se dissipe, et par conséquent il ne peut recevoir de rosée; dans le second cas, la feuille d'étain empêche le verre qui est recouvert, de recevoir l'influence calorifique de l'appartement, et il s'ensuit qu'il est plus promptement refroidi par le rayonnement extérieur que le reste du carreau. L'or, l'argent, le cuivre et l'étain, qui rayonnent mal la chaleur, et en sont d'excellens conducteurs, acquièrent plus difficilement de la rosée que le platine, qui est un moins parfait conducteur du calorique, ou que le plomb, le zinc et l'acier, qui le rayonnent mieux.

Il suit de là que la rosée qui s'est formée sur un métal disparaîtra souvent, tandis que d'autres substances environnantes restent mouillées; et un métal mouillé à dessein deviendra sec, tandis que ces corps environnans acquièrent de l'humidité. Cette faculté de repousser la rosée est communiquée par les métaux aux corps en contact avec eux ou placés près d'eux. De la laine déposée

sur un métal acquiert moins de rosée que de la laine placée sur le gazon contigu.

Si la nuit, après avoir été très claire, devient nuageuse, quoique rien ne change relativement à son état de calme, il s'ensuit toujours une très grande altération dans la température du gazon. Dans une nuit semblable, le gazon, après avoir été de 12° plus froid que l'air, ne le devint que de 2° seulement; la température de l'atmosphère étant la même à l'une et à l'autre observation. Dans une seconde nuit, le gazon devint de 9° plus chaud dans l'espace d'une heure et demie; dans une troisième nuit, la température du gazon s'éleva, en moins de 45 minutes, de 15°, tandis que celle de l'air environnant n'augmenta que de 3° et demi; pendant une quatrième nuit, la température du gazon était, à 9 heures et demie passées, de 0°; 20 minutes après, on la trouva être de 4°, le ciel étant dans le même temps devenu orageux; et au bout de 20 minutes de plus, le ciel étant clair, la température du gazon était revenue à 0°; un thermomètre reposant sur la pièce de gazon s'élèvera quelquefois de plusieurs degrés, lorsqu'un nuage vient occuper le zénith.

En examinant en même temps plusieurs thermomètres placés pendant une nuit claire et tranquille dans des situations différentes, on trouva toujours que ceux situés où il s'était formé le plus de rosée, étaient descendus le plus bas. Dans des nuits à production de rosée, la température de la terre, à un demi-pouce ou un pouce au-dessous de la surface, est toujours beaucoup plus chaude que l'herbe qui la recouvre, ou que l'air au-dessus d'elle. Les différences sur cinq nuits semblables, furent de 6° à 8°.

En faisant ces expériences avec des thermomètres, il

est nécessaire de couvrir leur boule avec une feuille d'argent ou d'or, autrement la surface vitreuse indique une température plus basse que celle de l'air, ou que la plaque métallique qu'elle touche. Le duvet de cygne semble manifester un plus grand froid, à l'exposition d'un ciel clair, que toute autre substance. Lorsque la température du gazon est de 7° au-dessous de celle de l'air atmosphérique, la température du duvet de cygne est ordinairement de 7° 5'; de la paille fraîche non hachée, et des rognures de papier, peuvent être rangées à cet égard avec le duvet de cygne. Le charbon, le noir de fumée, et la rouille de fer, produisent aussi beaucoup de froid. La neige se tient à 4 ou 5 degrés plus haut que le duvet de cygne laissé sur cette neige dans une nuit claire.

Le tableau suivant des observations faites par le docteur Wells est particulièrement instructif.

-	6 h 45'	7 h	7 h 20'	7 h 40'	8 h 45'
Chaleur de l'air, environ 1 mètre au-dessus du gazon. . . .	15° 83	15° 97	15° 90	11° 67	12° 22
— de la laine sur une planche élevée.	11° 94	12° 49	10° 82	9° 16	6° 94
— du duvet de cygne sur la même planche.	12° 49	11° 67	10° 55	8° 60	5° 83
— Surface supérieure de la planche.	14° 44	13° 89	13° 05	»	»
— pièce de gazon.	11° 67	10° 55	9° 71	9 44	5° 56

La température baisse toujours dans les nuits claires ; mais le dépôt de rosée dépendant de l'humidité de l'air peut avoir ou n'avoir pas lieu. Or, si le froid était *l'effet* de la rosée, le froid réuni à la rosée devrait toujours être proportionnel à la quantité de ce liquide; mais c'est ce que l'expérience contredit. D'un autre côté, si l'on admet que la rosée est de l'eau précipitée de l'atmosphère par le froid du corps sur lequel on la remarque, le même degré de froid dans le corps précipitant, peut être accompagné de beaucoup, de peu ou même d'aucune quantité de rosée, suivant l'état hygrométrique de l'air environnant, toutes circonstances que l'on trouve effectivement avoir lieu. La précipitation de la rosée devrait en effet produire un dégagement de chaleur.

Une différence d'un très petit nombre de degrés de température entre celle du gazon et de l'atmosphère suffit pour déterminer la formation de rosée, lorsque l'air est dans un état convenable. Mais il existe quelquefois une différence de 15° ou plus par le rayonnement de la chaleur de la terre vers le ciel; et il s'ensuit que l'air, près de la surface refroidie de la terre, doit être plus froid que celui un peu plus élevé. D'après les observations de M. Six, l'atmosphère, à la hauteur de 66 mètres, est souvent, dans de certaines nuits, plus chaude de 5 à 6° que celle à 2 mètres au-dessus de la terre; et si l'air plus bas ne communiquait pas de sa chaleur à la surface, celle-ci serait probablement de 20° au-dessous de la température de l'air.

Les corps isolés, ou les points proéminens sont plus promptement couverts de gelée blanche et de rosée que d'autres, parce que l'équilibre de leur température est

plus difficile à se rétablir. Comme le calme de l'air est nécessaire pour l'effet refroidissant du rayonnement, on peut comprendre pourquoi les brouillards épais et pesans, les rosées, etc., auxquels le froid donne lieu, se rencontrent principalement dans des cavités et dans des endroits renfermés, et moins fréquemment sur les collines; de même aussi les feuilles d'arbres restent souvent sèches pendant la nuit, tandis que les brins d'herbe sont couverts de rosée.

Il n'a pu être fait d'expériences directes pour reconnaître comment des nuages peuvent empêcher ou diminuer l'apparence d'un froid la nuit sur la surface de la terre, plus grand que celui de l'atmosphère; mais il est possible de conclure des observations qui précèdent, que les nuages produisent presque entièrement cet effet par rayonnement de la chaleur de la terre, en retour de celle qu'ils interceptent, lorsqu'elle se propage de la terre vers le ciel. La chaleur qui se développe par condensation de la vapeur transparente en nuage doit se dissiper promptement, tandis que la grande diminution ou l'empêchement total de l'apparence d'un froid sur la terre, plus grand que celui de l'air, sera produit par un ciel nuageux pendant toute la durée d'une longue nuit.

On peut ainsi expliquer d'une manière plus satisfaisante qu'on ne l'a fait ordinairement, la chaleur qu'on éprouve subitement en hiver, lorsque, dans un temps de gelée claire, il survient un amas de nuages. Les chimistes attribuent ce changement soudain et puissant au dégagement de la chaleur latente des vapeurs condensées; mais les observations thermométriques du docteur Wells, sur les altérations subites de température par l'apparition d'un

nuage sur un ciel clair, rendent cette opinion insoutenable. Nous trouvons en effet que la température de l'atmosphère elle-même est, à des élévations médiocres, assez uniforme, tandis que d'autres corps, à la surface de la terre, éprouvent de grandes variations dans leur température. Ce simple fait est fatal à l'hypothèse déduite des doctrines de la chaleur latente.

J'avais eu souvent lieu de sourire, dit le docteur Wells, de l'emploi des moyens auxquels des jardiniers ont recours pour garantir des plantes tendres du froid, parce qu'il me paraissait impossible qu'une natte mince, ou toute autre substance pareille de nature molasse, pussent empêcher ces plantes de s'abaisser à la température de l'atmosphère, par laquelle seule je pensais qu'elles étaient susceptibles d'être endommagées. Mais lorsque j'eus reconnu que des corps à la surface de la terre, deviennent, pendant une nuit calme et sereine, plus froids que l'atmosphère par le rayonnement de leur chaleur vers le ciel, je conçus aussitôt combien était juste et raisonnable la pratique dont j'avais auparavant déprisé l'emploi. Désirant cependant acquérir des documens précis sur cet objet, je fixai verticalement dans la terre d'une petite pièce de gazon, quatre petits bâtons, et, sur leurs extrémités supérieures élevées de six pouces au-dessus de l'herbe, et qui formaient les angles ou les coins d'un carré de deux pieds de long, je plaçai, en l'y tendant bien, un mouchoir de batiste, très fine; dans cette disposition des choses, il n'existait donc rien qui pût empêcher le libre passage de l'air de l'herbe exposée à celle qui était abritée, à l'exception des quatre petits bâtons, et il n'y avait pas d'autre sub-

stance qui pût rayonner vers le bas à cette dernière, si ce n'est le mouchoir de batiste.

Cependant l'herbe abritée se trouva être à peu près à la même température que l'air, tandis que celle de l'herbe non abritée était de 3° ou au-delà plus froide. Dans une nuit, la température de l'herbe complètement exposée fut de 5°, 5o plus froide que celle de l'air; mais l'herbe abritée n'était que de 1°, 65 seulement plus froide. Nous voyons donc ainsi quel peut être le pouvoir d'une légère tenture pour écarter ou diminuer l'effet nuisible du refroidissement de la terre. Pour jouir pleinement de l'avantage d'être garanti de l'aspect froid du ciel, ce qui couvre ne devrait pas toucher les corps situés au-dessous. Les murs de jardin agissent en partie d'après ce principe. La neige abrite les plantes de ce rayonnement du froid; dans les climats chauds, le dépôt de l'humidité de la rosée sur les substances animales accélère leur putréfaction. Comme cet effet ne peut avoir lieu que dans les nuits claires seulement, on supposa anciennement qu'un beau clair de lune favorisait la corruption des substances animales.

D'après cette émission rapide de chaleur de la surface de la terre, on peut expliquer aujourd'hui la formation de la glace au Bengale, pendant la nuit, bien que la température de l'air soit au-dessus de zéro. Les nuits les plus favorables pour la production de cet effet sont celles les plus calmes et les plus sereines, et pendant lesquelles l'air est assez sec pour ne déposer que peu de rosée après le milieu de la nuit. Les nuages et les changemens fréquens de vent sont des obstacles certains à la congélation. Trois cents personnes sont employées à cette opération dans une place.

Les enclos formés sur la terre sont larges de 4 ou 5 pieds, et avec des murs de 4 pouces de hauteur seulement. Dans ces enclos, sur lesquels on a préalablement étendu une couche de paille sèche, sont établies des terrines de terre, non vernissées, larges et creuses, contenant de *l'eau de pompe qui n'a pas bouilli.* Le vent, qui provoque si puissamment l'évaporation, empêche tout-à-fait la congélation, et il se forme de la rosée, dans un plus ou moins grand degré, pendant toute la durée des nuits qui produisent le plus de glace. Si l'évaporation ne se rapportait qu'à la congélation, il suffirait de mouiller la paille pour la provoquer; mais il est nécessaire, pour que le procédé réussisse, que la paille soit sèche. On cite pour preuve de cette remarque, que quand la paille devient accidentellement mouillée, on la renouvelle; et que lorsqu'on la mouille à dessein dans quelque enclos, la formation de la glace est toujours empêchée. La paille humide opère le double effet de conduire la chaleur et d'élever de la vapeur de la terre, de manière à former obstacle à la congélation.

Note VI. *Sur la lumière électrique.*

M. Allemand fils, docteur médecin à Fleurier, canton de Neufchâtel, a publié dans la *Bibliothèque de Genève* une relation fort curieuse d'un phénomène électrique dont il fut témoin.

Appelé à me rendre à Môtien, dit-il, vers dix heures du soir, je fus surpris, pour ainsi dire, à la sortie du village, par un orage qui ne tarda pas à être suivi d'une pluie très abondante. Muni d'un parapluie à canne, je crus

prudent de le fermer à mesure que le tonnerre grondait plus souvent et plus fortement, et même j'en tenais dans ma main l'extrémité supérieure, qui forme, comme chacun sait, une pointe métallique, obtuse, il est vrai, mais qui pouvait peut-être attirer la foudre. Bientôt la nuit, déjà excessivement sombre, le devint plus encore par des torrens de pluie; et ce n'était qu'à la faveur des éclairs vifs et fréquens qu'il était possible de suivre ma route. Cheminant ainsi au travers de l'orage le plus violent qu'il soit possible d'imaginer dans nos contrées, j'aperçus tout-à-coup une lumière qui me parut venir d'en haut, et, levant de suite les yeux, je remarquai que c'était le bord de mon chapeau qui était lumineux. Croyant que c'était du feu réel, et sans que j'eusse eu le temps de faire aucune réflexion, je passe subitement la main tout le long de cette traînée lumineuse, dans le but d'éteindre ce que ma surprise me faisait envisager comme une véritable flamme. Mais à mon grand étonnement, elle reparut plus vive encore, ce qui me fit naître sur-le-champ l'idée confuse que je m'étais trompé sur la cause de cette lumière. Ma main s'était remplie de l'eau qui découlait de mon chapeau; en faisant un mouvement pour m'en débarrasser, je vis tout l'intérieur de ma main briller comme un métal poli, lorsqu'il réfléchit une vive lumière.

Alors, aux sensations vives et confuses que j'avais éprouvées jusque là, succéda une émotion profonde qui me fit prononcer à demi-voix une exclamation de terreur. J'étais à une centaine de pas de la ferme de Chaux, c'est-à-dire à dix ou douze minutes de Fleurier, et à quinze ou vingt de Mo'ien; je délibérai un moment pour savoir si j'entrerais dans cette maison de ferme, ou si je continuerais ma

route; et enfin quelques raisonnemens de physique, et la plus parfaite confiance en l'auteur suprême de l'appareil formidable dont j'étais entouré, me déterminèrent à poursuivre ma route. Du moment que j'avais impunément rempli ma main de l'eau électrique qui brillait sur le bord de mon chapeau, je crus pouvoir répéter l'expérience (ce que je fis néanmoins avec une sorte de crainte) et m'assurer si cette lumière phosphorescente n'avait point d'odeur, et si elle ne produisait ni décrépitation, ni pétillement. Ainsi, quinze à vingt fois peut-être, j'en remplis ma main en la portant plusieurs fois à mon nez et à mon oreille; mais je ne remarquai jamais rien que la belle lumière qui ne s'élevait pas de ma main au moment où je l'ouvrais, mais qui paraissait appliquée à la surface comme un vernis brillant. Cette lueur ne durait qu'un instant. A quelques centaines de pas de là, continuant à cheminer en fixant, pour ainsi dire, continuellement l'auréole brillante de mon chapeau, je fus frappé d'une autre lumière moins vive, comme appliquée sur la surface unie de la crosse de mon parapluie, à l'endroit où se trouve la plaque de métal, dont la plupart sont pourvus pour y graver un nom, et dont le mien est dépourvu. Comme ci-dessus mon premier mouvement fut de passer le pouce sur cette partie, comme pour éteindre ce *nouveau feu* qui devenait aussi importun que l'autre. Même phénomène, c'est-à-dire que la surface de la partie frottante devint aussi lumineuse que celle qui était frottée: alors *j'eus peur* de mon parapluie à la monture métallique duquel mon esprit s'attacha, et sur-le-champ je le jetai à terre. Les éclats de la foudre redoublaient, bien qu'elle me parût être et qu'elle fût en effet à une certaine distance de moi. Une

fois débarrassé de mon parapluie, j'essayai de frotter vivement le bord de mon chapeau sur la manche de mon habit, mais je ne réussis qu'à rendre plus scintillante la couronne de lumière, avec laquelle j'arrivai près de Motien. J'attribuais sa cessation au voisinage de grands peupliers qui bordent la route près de ce village. Je ne m'arrêtai que très-peu de temps à Motien, où je pris un guide avec une lanterne, pour m'accompagner jusqu'à ce que j'eusse retrouvé mon parapluie. Je renvoyai ensuite ce guide, et comme l'orage était peu violent alors, je crus pouvoir me servir du parapluie. Je n'eus pas plus tôt perdu de vue la lueur de la lanterne, que je remarquai une lueur assez vive à l'extrémité de chaque baleine, qui sont revêtues, comme on le sait, de métal. Ce nouveau phénomène me causa d'abord un peu d'inquiétude, mais un instant de réflexion la fit cesser. Ces espèces de points lumineux n'avaient rien de la vivacité de l'aigrette électrique ; c'était un point brillant, comme un métal jaune rouge très poli ; et si j'eusse été moins ému par tout ce qui avait précédé, j'aurais trouvé très jolis ces points lumineux, circulairement placés, et décrivant par intervalles égaux le cercle ou la circonférence du parapluie.

L'explication de ce qui précède me paraît simple : l'atmosphère était en quelque sorte sursaturée d'électricité qui se déposait sur ces corps qu'on sait en être bons conducteurs. Voilà pourquoi elle s'est portée d'abord sur le cordon de soie mouillée qui borde mon chapeau, et sur les pointes mousses qui forment la garniture en laiton de chaque baleine de parapluie. Dans ce dernier cas, le fluide électrique se portait de toutes ces pointes, le long des ba-

leines, par la canne, et de là passait sur ma main et mon corps pour se rendre à la terre, réservoir commun de cette matière. Ce qui est relatif au chapeau ne s'explique pas aussi aisément en ce qui concerne le ruban qui en forme la bordure; on sait que la soie mouillée est un bon conducteur de l'électricité; mais, ce qu'on ne comprend pas trop bien, c'est pourquoi le ruban de même matière qui entoure le fond du chapeau, et qui est fixé par une boucle métallique, n'était nullement lumineux, non plus que cette boucle. Au reste, ce qui résulte plus certainement de cette singularité, considérée dans son ensemble, c'est qu'on peut être exposé à un danger très menaçant, et en sortir sans éprouver de malaise; et qu'il y a souvent bien loin d'un mal prochain à sa réalité.

NOTE VII. *Sur la grêle.*

OBSERVATIONS SUR LA FORME ET LES DIMENSIONS DE LA GRÊLE; SUR LES CIRCONSTANCES ATMOSPHÉRIQUES QUI ACCOMPAGNENT CE MÉTÉORE, ETC.

(*Extrait de l'Annuaire.*)

Au midi de la France, en Italie, en Espagne, etc., c'est dans le printemps et l'été, aux heures les plus chaudes de la journée, que la grêle se forme le plus abondamment. En Europe, elle tombe presque constamment de jour, car il n'est pas aussi rare qu'on l'a supposé d'en voir tomber la nuit. Celle qui, en août 1787, ravagea les environs du lac de Côme, dans une étendue superficielle de 30 milles de longueur sur 20 de largeur, commença précisément à minuit. On pourrait encore, sans

quitter l'Italie, citer la grêle non moins désastreuse du mois d'août 1778, car elle tomba à la même heure, et celle du mois de juillet 1806, qui ne commença qu'au point du jour.

La grêle précède ordinairement les pluies d'orage; elle les accompagne quelquefois; jamais ou presque jamais elle ne les suit, surtout quand ces pluies ont eu quelque durée.

Les nuages chargés de grêle semblent avoir beaucoup de profondeur, et se distinguent des autres nuages orageux par une nuance cendrée très remarquable. Leurs bords offrent des déchirures très multipliées; leur surface présente çà et là d'immenses protubérances irrégulières; elle semble gonflée.

Ces nuages sont généralement très peu élevés; pour le prouver, nous remarquerons qu'il grêle rarement sans tonnerre; il est donc naturel d'admettre que ces deux météores se forment à la même distance de la terre: or, durant des orages accompagnés de grêle, il ne s'écoule souvent qu'une ou deux secondes entre l'apparition de l'éclair et l'arrivée du bruit, ce qui suppose, d'après la vitesse connue du son, une distance de 30 à 70 mètres. Ajoutons d'ailleurs, pour trancher toute difficulté, qu'on a vu plus d'une fois des nuages d'où la grêle devait quelques minutes plus tard s'échapper par torrens, couvrir, comme un voile épais toute l'étendue du vallon, pendant que les collines voisines jouissaient à la fois d'un ciel pur et d'une douce température.

Il suffit de suivre quelques instans la marche d'un électromètre atmosphérique aux approches de la grêle, pour reconnaître que l'électricité change alors très fréquem-

ment, non seulement d'intensité, mais encore de nature: il n'est pas rare, dans ces circonstances, de voir les passages du positif au négatif et du négatif au positif se répéter jusqu'à dix ou douze fois par minute.

On entend quelquefois, *avant la chute de la grêle*, un bruit, un craquement particulier qu'il serait difficile de mieux définir qu'en le comparant à celui que produit un sac de noix qu'on vide. Le plupart des météorologistes croient que les grêlons poussés par les vents s'entrechoquent continuellement dans les nuages qui les portent; et c'est là, suivant eux, l'origine du mugissement dont la chute du météore est précédée. D'autres supposent que les grêlons sont fortement et *diversement* électrisés, et regardent dès lors le craquement en question comme le résultat de petites décharges électriques mille et mille fois répétées.

La grêle prend des formes assez variées; mais tous les grêlons d'une même averse présentent à peu près des figures semblables.

Les observateurs ont remarqué de bonne heure qu'il y a presque toujours au centre des grêlons un petit flocon de neige spongieux. Cette partie, assez ordinairement, est la seule opaque; les couches concentriques dont elle se trouve entourée, ont toute la diaphanéité de la glace ordinaire. Il est donc permis de supposer, et cette remarque a beaucoup d'importance, que le noyau et l'extérieur des grêlons ne se forment pas de la même manière.

Il tombe quelquefois de gros grêlons à centre neigeux, qui sont formés de couches concentriques *alternativement* diaphanes et opaques.

La grêle même, peu consistante, qu'on recueille dans certaines saisons, et dont la surface paraît comme saupou-

drée de farine, porte le nom de *grésil*. C'est une espèce d'intermédiaire entre la grêle proprement dite et la neige. Le grésil ne se montre que pendant les orages passagers et très peu intenses, il n'en tombe jamais en été, du moins dans les pays méridionaux.

Il existe une troisième espèce de grêle, qui n'offre aucune trace du flocon neigeux central ; les grains sont toujours assez petits, comme ceux du grésil; mais ils en diffèrent par leur diaphanéité. Les physiciens ont admis que cette grêle, d'un genre tout particulier, est produite par de gouttes de pluie qui, tombant d'un nuage, *se gèlent* en traversant un nuage plus bas, et néanmoins sensiblement plus froid. La rareté des circonstances qui peuvent amener une distribution aussi anomale des températures dans les nuages diversement élevés, explique pourquoi cette espèce de grêle a été si peu observée.

Pour prononcer sur la valeur des explications qu'on a données de la formation de la grêle, il importe extrêmement de déterminer quels sont les plus grands poids qu'elle puisse jamais acquérir. Dans le catalogue qui suit, je me suis abstenu de citer les observations dont l'exactitude n'était pas garantie par un physicien connu.

Le 29 avril 1697, il tomba dans le *Flintshire*, au rapport de Halley, des grêlons qui pesaient *cinq onces*.

Le 4 mai de la même année, Robert Taylor en avait mesuré à Hitchin, dans le Hartfortshire, dont le contour était de 14 pouces, ce qui suppose un diamètre de plus de 4 pouces.

Parent, de l'académie des sciences, rapporte qu'il tomba le 15 mai 1703, dans le Perche, de la grêle grosse *comme le poing*.

Le 11 juillet 1753, M. Montignot ramassa à Toul des grêlons qui avaient la forme de polyèdres irréguliers de près de *trois pouces* de diamètre en tous sens. Ces gros grêlons étaient un assemblage de grêlons plus petits, qui s'étaient collés entre eux avant de tomber à terre.

Pendant un orage qui fondit sur Paris le 7 juillet 1769, à 6 heures du soir, par un vent d'ouest, M. Adanson ramassa, dans la première demi-heure, des grêlons pyramidaux à six pans, très obtus, de 6 lignes de longueur sur 3 de largeur; ensuite le vent étant passé au nord-ouest, les grêlons prirent la forme de ménisques de 9 lignes de diamètre, plans d'un côté, et convexes de l'autre. Ils étaient si transparens et si réguliers, qu'ils grossissaient les objets sans les défigurer.

Durant l'orage déjà cité qui éclata sur la ville de Côme et ses environs, dans la nuit du 19 au 20 août 1787, il tomba des grêlons gros comme des œufs de poule. On en ramassa un grand nombre qui pesaient plus de 9 onces; c'est à Volta lui-même que j'emprunte ces nombres.

M. Delcros, ingénieur-géographe, rapporte qu'il a souvent observé des grêlons pyramidaux rayonnés du centre à la circonférence, terminés par une portion de surface courbe, et qui paraissaient devoir être des fragmens de grêlons sphériques. Le 4 juillet 1819, pendant un orage de nuit qui désola une grande portion de l'ouest de la France, M. Delcros ramassa, pour la première fois, plusieurs de ces grêlons entiers, dans lesquels on remarquait un premier noyau sphérique d'un blanc assez opaque, offrant des traces de couches concentriques; une enveloppe de glace compacte, rayonnée du centre à la circonférence, et terminée extérieurement par douze grandes pyramides,

entre lesquelles des pyramides moindres étaient intercalées; le tout formait une masse sphérique de près de 9 centimètres de diamètre.

Je ne pense pas qu'il y ait jamais eu dans aucun pays une chute de grêle, ni plus affreuse dans ses résultats, ni plus remarquable par ses circonstances, que celle dont M. Tessier publia la relation en 1790.

L'orage commença au midi de la France, dans la matinée du 13 juillet 1788, traversa en peu d'heures toute la longueur du royaume, et s'étendit ensuite dans les Pays-Bas et en Hollande.

Tous les terrains grêlés se trouvèrent situés sur *deux bandes parallèles*, dirigées du sud-ouest au nord-est: l'une de ces bandes avait 175 lieues de longueur, l'autre environ 200.

On reconnut que *la largeur* moyenne de la bande grêlée la plus occidentale était de 4 lieues; celle de l'autre de 2 lieues seulement. L'intervalle compris entre ces deux bandes ne fut pas grêlé; il reçut une pluie très abondante; sa largeur moyenne était de 5 lieues.

Il tomba beaucoup d'eau, soit à l'orient de la bande grêlée de l'est, soit à l'ouest de la bande occidentale; partout la chute du météore fut précédée d'une obscurité profonde, qui s'étendit bien loin des pays grêlés.

En comparant les heures de la grêle dans les différens lieux, on trouve que l'orage parcourait du midi au nord 16 lieues et demie à l'heure, et que la vitesse était précisément la même sur les deux bandes.

Sur celle de l'ouest, il grêlait en Touraine, près de Loches, à 6 heures et demie du matin; auprès de Chartres à 7 et demie; à Rambouillet à 8 heures; à Pontoise à

8 heures et demie; à Clermont en Beauvoisis à 9 heures; à Douai à 11 heures; à Courtray à midi et demi; à Flessingue à 1 heure et demie.

Dans la bande de l'est, l'orage atteignit Artenay, près d'Orléans, à 7 heures et demie du matin; Andonville, en Beauce, à 8 heures; le Faubourg-Saint-Antoine de Paris, à 8 heures et demie; à Crespy, en Valais, à 9 heures et demie; Cateau-Cambresis à 11 heures; et Utrecht à 2 heures et demie.

Dans chaque lieu la grêle ne tomba que pendant 7 à 8 minutes.

Les grêlons n'avaient pas tous la même forme: les uns étaient ronds, les autres longs et armés de pointes; les plus gros pesaient une demi-livre (1).

Les dégats occasionés en France dans les *mille trente-neuf paroisses* que la grêle du 13 juillet frappa, se montèrent, d'après une enquête officielle, à 24,962,000 francs.

Théorie de la grêle.

Le physicien qui veut expliquer le phénomène de la grêle, doit examiner comment est produit le froid qui donne naissance aux premiers noyaux; par quel artifice les grêlons augmentent de volume; quelle est la force qui

(1) Pour fournir aux météorologistes les moyens d'évaluer approximativement le poids des grêlons, en partant de la manière habituelle de désigner leur grosseur, M. Tessier façonna quelques morceaux de glace qui lui parurent avoir la consistance de la grêle, de manière à leur donner la grosseur d'un œuf de pigeon, d'un œuf de poule, d'un œuf de dindon: le premier pesait trois gros, le second une once et six gros, le troisième deux onces deux gros.

soutient en l'air, pendant des heures entières, tant de masses de glace du poids de 3, de 4 onces et même une demi-livre; pourquoi l'électricité atmosphérique est si intense; pourquoi elle passe si souvent du positif au négatif, et réciproquement, quand le ciel est couvert de nuages chargés de grêle, etc.; telle est la série de problèmes que l'illustre Volta s'est proposé de résoudre dans la théorie dont je vais essayer de reproduire ici les traits principaux.

Formation des noyaux.

On a déjà vu que c'est dans l'été, et même aux heures les plus chaudes de la journée, que la grêle tombe ordinairement. Les nuages d'où elle s'échappe flottent toujours, à cette époque, bien au-dessous de la hauteur, variable avec les climats et les saisons, à partir de laquelle il règne dans l'atmosphère une température au-dessous de zéro. Pour que ces nuages se soient gelés, ils ont dû se trouver soumis à une cause particulière de refroidissement. Guyton-Morveau, Volta, etc., ont pensé qu'il fallait chercher cette cause dans l'évaporation.

Une couche liquide ne peut passer à l'état de vapeur sans emprunter aux corps dont elle est entourée une portion de leur chaleur, c'est-à-dire sans les refroidir. Plus l'évaporation est considérable, et plus aussi le froid qu'elle occasione est intense.

Les nuages sont composés de vésicules creuses très petites, dont l'enveloppe extérieure est liquide. Les myriades de ces enveloppes qui forment la face supérieure d'un nuage doivent éprouver vers midi, au milieu de l'été, une forte évaporation: 1° parce que les rayons solaires qui les

frappent ont beaucoup d'intensité; 2° parce qu'elles nagent dans des couches d'air très sèches. D'autres causes d'après Volta contribuent aussi à rendre l'évaporation des nuages intense et rapide : suivant lui, les molécules vésiculaires peuvent être considérées comme un acheminement vers la formation des vapeurs élastiques, et, dans un temps donné, la masse des vapeurs de cette espèce que les rayons solaires développeront en frappant un nuage, devra toujours surpasser ce qu'aurait produit la même quantité de calorique, dirigé sur une surface liquide proprement dite. Ajoutons, enfin, que l'électricité ne peut manquer de jouer ici un rôle important, car tous les nuages en sont chargés, et les expériences répétées des physiciens ont montré qu'à parité de circonstances, l'évaporation d'un liquide électrisé est plus abondante que celle d'un liquide à l'état neutre.

Telles sont les considérations d'après lesquelles Volta pense avoir éclairci un des principaux paradoxes de la météorologie, savoir: la formation de petits glaçons au mois d'août, aux heures les plus chaudes de la journée, et au milieu de couches atmosphériques d'une température bien supérieure à zéro. Ces embryons, qui deviennent les noyaux des grêlons proprement dits, résulteraient ainsi d'une abondante évaporation, provoquée par la grande intensité des rayons solaires, par l'extrême sécheresse des régions où le phénomène s'opère, et par l'état fortement électrique des vapeurs vésiculaires.

De la formation définitive des grêlons.

Après avoir admis que les premiers embryons de la

grêle sont une conséquence du froid qu'éprouvent les nuages lorsque leurs couches supérieures s'évaporent rapidement sous l'action des rayons brûlans de la canicule, il reste à trouver leur mode de grossissement.

Jusqu'à la publication des mémoires de Volta, les physiciens s'étaient contentés de supposer que les noyaux des grêlons, en tombant à travers l'atmosphère, gelaient toutes les particules d'eau qu'ils touchaient, et que les couches concentriques qu'ils s'appropriaient ainsi graduellement, suffisaient pour les amener aux énormes dimensions dont j'ai cité plus haut quelques exemples; mais les nuages orageux sont presque toujours très bas, et certainement la grêle qui s'en détache n'emploie pas plus d'une minute pour arriver au sol; or, il est impossible d'admettre qu'en aussi peu de temps, quelle que soit d'ailleurs l'humidité de l'air, le noyau primitif, que je supposerai, si l'on veut, de la grosseur d'un grain de blé, puisse se revêtir d'assez d'enveloppe pour acquérir le volume d'un œuf de poule. Volta a donc cru nécessaire de supposer que la grêle déjà formée reste suspendue dans l'espace, non pas seulement cinq, dix, quinze minutes, mais peut-être même des heures entières. C'est en cela que consiste la partie la plus ingénieuse et la plus nouvelle de sa théorie. Il reconnaît au reste lui-même qu'elle lui a été suggérée par une expérience citée dans les vieux traités de physique, sous le nom de *danse des pantins*, et dont voici la description :

Deux disques métalliques sont placés horizontalement l'un au-dessus de l'autre. Le disque supérieur est suspendu par un crochet au conducteur d'une machine électrique; le disque inférieur est en communication avec le sol, soit immédiatement, soit à l'aide d'une chaîne. Le dernier

disque porte un certain nombre de balles de moelle de sureau. Aussitôt que, pour commencer l'expérience, on fait tourner le plateau de la machine, on voit toutes les balles s'élancer du disque inférieur jusqu'au disque supérieur, redescendre ensuite rapidement, pour remonter bientôt après. Le mouvement continue tant que le plateau supérieur demeure sensiblement électrisé ; la cause de ces oscillations n'est pas difficile à trouver.

Aussitôt que le conducteur de la machine est chargé, son électricité se communique au disque supérieur, par l'intermédiaire du crochet. Tout corps électrisé attire, comme on sait, les corps qui ne le sont pas ; les balles légères de sureau se trouvent dans ce dernier cas ; elles doivent donc être *soulevées* par l'attraction du disque supérieur, quand son électricité est suffisamment forte, et aller le toucher ; dès que le contact a lieu, le disque communique aux balles une partie de son électricité ; mais puisque deux corps électrisés de la même manière se repoussent, les balles ne peuvent rester attachées au disque supérieur qu'un instant ; la répulsion de ce disque et leur propre poids doivent bientôt les faire descendre. Parvenues au disque inférieur, elles se déchargent de l'électricité qu'elles avaient acquise à l'extrémité de l'oscillation ascendante, se retrouvent dans l'état primitif, et doivent présenter aussitôt le même phénomène.

Si le disque inférieur, au lieu d'être en communication avec le réservoir commun, se trouvait aussi électrisé, mais en sens contraire du disque supérieur, le mouvement oscillatoire des balles aurait également lieu ; il serait même plus rapide d'abord à cause que dans le mouvement ascendant la répulsion du disque inférieur sur la balle électrisée

qui viendrait de le quitter, s'ajouterait à l'attraction de l'autre disque, et ensuite parce que celle-ci aurait plus d'intensité.

Qu'on dépose sur un disque métallique isolé des corps très légers, tels que des brins de soie ou de coton, des plumes, des feuilles d'or battu, de petites balles de moelle de sureau, etc.; qu'on communique ensuite au disque une forte électricité: aussitôt tous ces corps se soulèveront dans l'air jusqu'à une certaine distance, et s'y maintiendront long-temps comme suspendus, mais en éprouvant toutefois un mouvement oscillatoire sensible.

Substituons aux disques des trois expériences précédentes, ces noirs nuages orageux, dont l'immense charge électrique est si bien indiquée par la vivacité des éclairs qui jaillissent incessamment de tous leurs points; il n'y aura alors rien d'étrange à supposer que des grains de grêle soumis à cette puissante influence présenteront exactement tous les phénomènes que les balles de sureau nous avaient offerts.

S'il n'y a qu'un seul nuage électrisé, il maintiendra les grêlons à une certaine distance de la surface; s'il y en a deux, le plus élevé électrisé, le plus bas à l'état neutre, les grêlons éprouveront entre l'un et l'autre un mouvement d'oscillation, qui ne cessera qu'au moment où le poids graduellement croissant des grêlons amènera leur chute. Le même mouvement oscillatoire, plus rapide seulement, se communiquera aussi aux grêlons, dès qu'ils se trouveront compris entre deux nuages électrisés en sens contraire. Ce dernier mode de suspension des grêlons est, suivant Volta, celui que la nature emploie: c'est en oscillant entre deux nuages chargés d'électricité dissembla-

ble que les embryons de neige sont recouverts d'une première enveloppe de glace diaphane ; c'est pendant ce mouvement long-temps continué que les couches se superposent en nombre suffisant pour donner aux grêlons les dimensions énormes qui font si souvent le désespoir du cultivateur.

L'existence simultanée de deux couches de nuages inégalement élevés, ne peut donner lieu à aucune difficulté contre cette théorie : on voit souvent en effet de telles couches poussées par des vents différens se mouvoir dans des directions diverses et même diamétralement opposées. D'autres phénomènes non moins remarquables annoncent aussi, assez fréquemment, la présence de plusieurs *strates* de nuées. Qui n'a observé, par exemple, quand un orage se prépare, de petits nuages grisâtres, isolés, qui tantôt sont immobiles et tantôt paraissent fort agités sous des nuages d'une nuance différente et beaucoup plus étendus. On ne peut pas douter davantage que dans une même masse de nuées orageuses, il ne se trouve souvent des parties douées d'électricité contraires ; car à l'aide d'un électromètre atmosphérique, Volta lui-même a observé jusqu'à quatorze changemens du positif au négatif, et réciproquement, en une seule minute de temps. Mais l'illustre physicien italien ne s'est pas arrêté là. Après avoir recueilli les données de l'observation, il a essayé de montrer, de plus, comment naissent les diverses couches de nuages, comment elles se constituent dans des états électriques contraires. Voici son explication :

Quand les rayons solaires tombent sur un nuage déjà formé, ils produisent aux dépens de sa surface supérieure, ainsi que nous l'avons déjà dit, une grande quan-

tité de vapeurs élastiques; ces vapeurs saturent d'abord l'air primitivement très sec dont le nuage était entouré; ensuite, dans leur mouvement ascensionnel, elles rencontrent tôt ou tard des couches d'air assez froides pour occasioner leur retour à l'état de vapeur vésiculaire, c'est-à-dire pour les transformer en un nouveau nuage semblable au premier, ou qui n'en différera que par la nature de son électricité. Le plus élevé de ces deux nuages, formé par voie de condensation, aura l'électricité positive; car c'est celle qui se développe constamment, dans les expériences de cabinet, pendant la précipitation des vapeurs. L'autre devait aussi, à l'origine, être fortement positif; mais l'évaporation a pu changer cet état, car les vapeurs naissantes étant toujours électrisées positivement, laisseront par cela même sur le corps aux dépens duquel elles se forment, une certaine quantité d'électricité négative développée. Cette quantité sera ou égale à l'électricité positive primordiale du nuage, ou plus grande, ou plus petite; dans le premier cas, le nuage se trouvera à l'état neutre, après avoir subi l'évaporation; dans le second, il deviendra négatif; dans le troisième enfin, l'électricité ne changera pas de nature, elle restera positive, la seule intensité variera.

Telle est en résumé la fameuse théorie de la grêle de Volta. L'évaporation d'un nuage formé primitivement par une cause quelconque, détermine la congélation d'une portion des molécules aqueuses dont il est composé, et le constitue souvent dans un état électrique négatif. Les vapeurs élastiques, résultant de cette évaporation, rencontrant, en s'élevant, des couches froides, redeviennent nuage, mais nuage positif; c'est entre ces deux couches de

nuages plus ou moins distantes, qu'oscillent les premiers embryons de la grêle, et qu'ils se revêtent graduellement d'enveloppe de glace compacte et diaphane, jusqu'à l'instant où leur poids surmonte les forces électriques qui les avaient soutenus jusque là.

Cette théorie, quelque ingénieuse qu'elle puisse paraître, a été combattue par plusieurs physiciens, et les objections qu'on lui oppose paraissent être insolubles.

La première congélation des nuages résulte, dit Volta, de l'évaporation qu'éprouve leur surface supérieure sous l'action des rayons solaires. Si cette évaporation avait quelque analogie avec celle que le vent détermine sur la terre, un certain degré de froid en serait la conséquence nécessaire; mais il semble bien difficile d'admettre que la lumière solaire, ou toute autre cause calorifique, puisse hâter l'évaporation d'un liquide quelconque, sans amener son échauffement.

Chauffer un corps ne saurait jamais être un moyen de le refroidir, de quelque manière qu'on fasse intervenir l'évaporation. L'expérience dont on a essayé d'étayer les idées de Volta, dans plusieurs traités de physique, n'est pas exacte; il est très vrai que si après avoir entouré de linges mouillés deux thermomètres parfaitement semblables, on les expose à l'air libre, l'un à l'ombre, l'autre au soleil, on apercevra une évaporation beaucoup plus prompte sur ce dernier; mais loin qu'elle soit accompagnée, comme on l'a dit, d'un refroidissement, le mouvement de la colonne mercurielle indiquera, au contraire, une augmentation sensible de température.

Volta ayant supposé que la formation des premiers rudimens de la grêle ne pouvait pas avoir lieu sans l'ac-

tion des rayons solaires, se trouvait amené à admettre qu'un grêlon qui tombait, par exemple, à 3 ou 4 heures du matin, avait oscillé au moins pendant 10 ou 12 heures consécutives entre les deux couches de nuages diversement électrisées. Je pourrais montrer ici à quel point cette conséquence est inadmissible, en faisant remarquer que, dans un si long espace de temps, les décharges électriques qui s'opèrent de nuage à nuage, auraient dû altérer mille fois l'état d'équilibre nécessaire à la suspension du grêlon; mais je trouverai avec M. Bellani, une preuve plus directe de l'insuffisance de la théorie, dans un orage du mois de juillet 1806, *qui commença avant le lever du soleil*, et durant lequel une quantité prodigieuse de grêle tomba. Il suffira de dire, en effet, que, *la veille*, M. Bellani n'avait aperçu aucun indice d'orage dans toute l'étendue de l'horizon visible.

La théorie pèche donc par sa base, les noyaux neigeux des grêlons ne résultent pas de l'évaporation des nuages, excités par les rayons solaires.

Supposons maintenant les embryons de grêle formés d'une manière quelconque, et voyons s'ils grossissent, comme Volta l'imagine.

L'expérience de la *danse des pantins*, sur laquelle ce célèbre physicien insiste tant, fournit des argumens plus spécieux que solides. Les plaques métalliques électrisées entre lesquelles oscillent les balles de sureau, ne peuvent ni se déplacer, ni se diviser. Les particules qui forment les nuages au contraire, sont douées, soit en masse, soit individuellement, d'une extrême mobilité; ne faut-il pas alors se demander comment elles seules restent immobiles, comment elles échappent à ces forces électriques qui

communiquent un mouvement oscillatoire à une aussi grande quantité de grêlons interposés? Ces forces ne devraient-elles pas amener plutôt la prompte réunion des deux couches de nuages en une seule masse?

Il est si vrai que l'expérience des pantins exige qu'une des deux plaques électrisées, au moins, soit solide, qu'en substituant seulement une nappe d'eau à la plaque métallique inférieure, comme l'a fait M. Bellani, la danse n'a plus lieu : les balles, à la fin de leur première oscillation descendante, pénètrent un peu plus dans le liquide, et ne se relèvent plus. Les nuages présenteraient évidemment le même phénomène; ils ne repousseraient les grêlons qu'après que ceux-ci seraient venus les *toucher*. Pour peu qu'en vertu de la vitesse acquise, du choc d'autres grêlons, etc., il y eût pénétration dans l'amas vésiculaire, toute répulsion cesserait. Les grêlons enfoncés ainsi accidentellement dans la couche inférieure des nuages, tomberaient à terre de temps en temps; l'un après l'autre, pendant des heures entières, tandis qu'au contraire les chutes de grêle arrivent subitement, et ne durent jamais beaucoup.

Ne faudrait-il pas s'étonner, si le mouvement oscillatoire dont Volta doue les grêlons, existait, que personne ne l'eût jamais aperçu? Les voyageurs en effet ont dû se trouver maintes fois sur les montagnes à la hauteur de l'intervalle vide où ce mouvement pouvait avoir lieu. Remarquons d'ailleurs que l'oscillation ascendante des grêlons les porterait souvent dans des lieux où leur course descendante ne peut jamais les amener, tels que le dessous des toits des cabanes, le dessous de quelque rocher très proéminent, etc.; or aucune obser-

vation n'est venue réveiller jusqu'ici à ce sujet l'attention des physiciens.

Parmi les conséquences qu'on pourrait déduire de la théorie de Volta, en la supposant fondée, il en est encore une que M. Bellani a signalée et qui me paraît mériter d'être consignée ici, ne fût-ce qu'à raison de sa singularité. Si les nuages orageux possédaient, quand ils sont accouplés, une force attractive suffisante pour faire osciller durant des heures entières des masses de glace du poids de 8 ou 10 onces, il devrait arriver fréquemment que l'action électrique s'exerçant entre un seul de ces nuages et la terre, des poussières, des graviers, des pierres d'un assez gros volume, seraient soulevés même dans un temps calme, rendraient l'atmosphère à peine respirable, et produiraient dans la campagne des dégâts bien plus redoutables encore que ceux dont la grêle est la cause. Ces remarques nous semblent démontrer l'insuffisance de la théorie de Volta, et prouvent qu'une explication satisfaisante du phénomène de la grêle est encore à trouver.

NOTE VIII. *Sur l'hépiale.*

L'hépiale du houblon, hepialus humuli, Fabr., *phalæna humuli*, Linn., est un petit papillon de la famille des *filicornes* ou *nématocères*, de l'ordre des *lépidoptères;* il a vingt-deux à vingt-quatre lignes d'envergure; dans les deux sexes le corps est d'un jaune d'ocre. Les ailes des mâles sont d'un blanc argenté avec les bords d'un rouge fauve; celles des femelles sont d'un jaune d'ocre avec les bords rougeâtres, et deux bandes obliques de la même

couleur dans les supérieures; les mœurs de cette espèce ont été le mieux observées; sa chenille est d'un blanc jaunâtre, avec la tête, le dessus du premier anneau, une petite plaque sur le second, et les pattes écailleuses d'un blanc luisant; ses mâchoires et ses stigmates sont noirs, et on voit sur les dix anneaux postérieurs de son corps quelques éminences fauves, de chacune desquelles s'élève un petit point noirâtre; elle habite sous la terre dans les racines du houblon qu'elle endommage beaucoup dans les pays où on le cultive. La chrysalide est d'un brun noirâtre, avec les stigmates noirs. Elle est renfermée dans une coque cylindrique, du double plus longue que la nymphe. Lorsque celle-ci est sur le point de se métamorphoser, elle perce le bout antérieur de la coque, et, à l'aide des petites dents dont les anneaux de l'abdomen sont pourvus, elle chemine jusqu'à la surface de la terre, où elle quitte son enveloppe pour devenir insecte parfait. C'est au printemps que cette métamorphose a lieu.

Comme toutes les plantes, le houblon est sujet à des maladies qui peuvent quelquefois faire manquer en grande partie le produit d'une récolte. On distingue deux maladies qui l'attaquent plus fréquemment; la première est le *miellat*, sorte d'extravasation, par les pores des feuilles, d'une matière qui ressemble à du miel. La seconde est une plante parasite nommée *erysiphe* ou *uredo*, de la famille des champignons. Elle nuit beaucoup à la croissance du houblon, et malheureusement il n'est pas plus facile d'en garantir les feuilles qu'il n'est possible de garantir les blés de la rouille. Il est à remarquer, ce-

pendant, que des houblonnières situées dans les terrains bas et humides y sont plus exposées que celles qui sont dans des plaines un peu élevées ou sur des coteaux. Le meilleur moyen d'y remédier, c'est d'enlever les feuilles qui en sont atteintes.

INSTRUCTION

SUR LES

PARATONNERRES,

ADOPTÉE PAR L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES,

SUR LE RAPPORT DE M. GAY-LUSSAC.

(*Extrait des Annales de Chimie et Physique.*)

Principes relatifs à l'action de la foudre ou de la matière électrique, et à celle des paratonnerres.

Ce que l'on appelle la foudre, est l'écoulement subit à travers l'air, sous la forme d'un grand trait lumineux, de la matière électrique dont était chargé un nuage orageux.

La vitesse de la matière électrique en mouvement est immense; elle surpasse de beaucoup celle d'un boulet au sortir du canon, qu'on sait être d'environ 600 mètres, (1800 pieds) par seconde.

La matière électrique pénètre les corps, et s'y meut à travers leur propre substance, mais avec une rapidité très inégale.

On donne le nom de conducteurs aux corps qui conduisent ou laissent passer rapidement la matière électrique dans leur intérieur, à travers leurs particules: tels sont le charbon calciné, l'eau, les végétaux, les animaux, la terre en raison de l'humidité dont elle est imprégnée, les dissolutions salines et surtout les métaux, qui sont en

cela très supérieurs aux autres corps. Un cylindre de fer, par exemple, conduit, dans le même temps, au moins cent millions de fois plus de matière électrique qu'un égal cylindre d'eau pure; et celle-ci environ mille fois moins que l'eau saturée de sel marin.

Les corps qui ne laissent pénétrer que difficilement la matière électrique entre leurs particules, et dans lesquels elle ne peut se mouvoir avec liberté, sont désignés par le nom de non-conducteurs, ou de corps isolans : tels sont le verre, le soufre, les résines, les huiles, la terre, la pierre et la brique sèches, l'air et les fluides aériformes.

Parmi les corps conducteurs, il n'en est cependant aucun qui n'oppose quelque résistance au mouvement de la matière électrique. Cette résistance, se répétant dans chaque portion du conducteur, augmente avec sa longueur, et peut devenir plus grande que celle qu'opposerait un conducteur plus mauvais, mais d'une longueur moindre.

La matière électrique éprouve aussi plus de résistance dans un conducteur d'un petit diamètre que dans le même d'un diamètre plus considérable; on peut par conséquent suppléer à l'imperfection de la conductibilité dans les conducteurs, en augmentant convenablement leur diamètre, et diminuant leur longueur. Le meilleur conducteur pour la matière électrique est celui qui, en somme, lui offre le moins de résistance, et qu'elle parcourt avec la plus grande vitesse.

Les molécules de la matière électrique sont douées d'une force répulsive en vertu de laquelle elles tendent à se fuir et à se répandre dans l'espace. Elles n'ont aucune affinité pour les corps; elles se portent en totalité vers leur

surface, où elles forment une couche très mince, terminée en dehors par la surface même des corps, et n'y sont retenues que par la pression de l'air, contre lequel, à leur tour, elles exercent une pression proportionnelle, en chaque point, au carré de leur nombre. Lorsque cette dernière pression est devenue supérieure à la première, la matière électrique s'échappe dans l'air en un torrent invisible, ou sous la forme d'un trait lumineux que l'on désigne par le nom d'étincelle électrique.

La couche formée par la matière électrique au-dessous de la surface d'un conducteur ne renferme pas le même nombre de molécules, ou n'a pas la même densité, en chaque point de cette surface, si ce n'est sur la sphère; sur un ellipsoïde de révolution, cette densité est plus grande à l'extrémité du grand axe que sur l'équateur, dans le rapport du grand axe au petit; à la pointe d'un cône, elle est infinie. En général, sur un corps de forme quelconque, la densité de la matière électrique, et par conséquent sa pression sur l'air, sont plus grandes sur les parties aiguës ou très courbes, que sur celles qui sont aplaties ou peu arrondies.

La matière électrique tend toujours à se répandre dans les conducteurs et à s'y mettre en équilibre; elle se partage entre eux en raison de leur forme et principalement de l'étendue de leur surface. Il en résulte que, si l'on fait communiquer un corps qui en soit chargé avec la surface immense de la terre, il n'en conservera pas sensiblement. Il suffit donc, pour dépouiller un conducteur de sa matière électrique, de le mettre en communication avec un sol humide.

Si, pour conduire la matière électrique d'un corps dans

la terre, on lui présente divers conducteurs dont l'un soit beaucoup plus parfait que les autres, elle le préférera constamment; mais s'ils ne sont pas très différens, elle se partagera entre tous, en raison de leur capacité pour la recevoir.

Un paratonnerre est un conducteur que la matière électrique de la foudre choisit de préférence aux corps environnans pour se rendre dans le sol, et s'y répandre; c'est ordinairement une barre de fer élevée sur les édifices qu'elle doit protéger, et s'enfonçant, sans aucune solution de continuité, jusque dans l'eau ou dans la terre humide. Une communication aussi intime du paratonnerre avec le sol est nécessaire pour qu'il puisse y verser instantanément la matière électrique de la foudre, à mesure qu'il la reçoit, et garantir de ses atteintes les objets environnans. On sait, en effet, que la foudre parvenue à la surface de la terre n'y trouve point un conducteur suffisant, et qu'elle s'enfonce au-dessous jusqu'à ce qu'elle ait rencontré un assez grand nombre de canaux pour s'écouler complètement. Quelquefois même elle laisse des traces visibles de son passage à plus de 10 mètres (30 pieds) de profondeur. Aussi arrive-t-il, lorsqu'un paratonnerre offre quelque solution de continuité, ou qu'il n'est pas en parfaite communication avec un sol humide, que la foudre après l'avoir frappé, l'abandonne pour se porter sur quelque corps voisin, ou au moins qu'elle se partage entre eux, pour s'écouler plus rapidement dans le sol.

La première circonstance s'est présentée il y a quelques années, dans les environs de Paris. Il s'était opéré par accident, dans le conducteur du paratonnerre d'une mai-

son une séparation d'environ 55 centimètres (20 pouces), et la foudre, après être tombée sur sa tige, perça le toit pour se porter sur une gouttière en fer-blanc.

MM. Rittenhouse et Hopkinson, dans le quatrième volume des *Transactions philosophiques américaines*, rapportent un exemple remarquable de la deuxième circonstance, ou de l'inconvénient qu'il y a à ne pas établir une communication parfaite entre le paratonnerre et le sol. La foudre avait frappé le paratonnerre, puisqu'elle avait fondu profondément sa pointe, et qu'il était évident, d'après l'inspection du terrain, qu'une portion avait pénétré dans le sol par le conducteur; mais l'autre portion n'ayant pu s'écouler assez promptement par la même voie, ravagea le toit pour se porter de la tige du paratonnerre sur une gouttière en cuivre dont elle suivit la conduite, qui était alors pleine d'eau, et lui offrait par conséquent un écoulement facile sur la surface du sol.

Avant que la foudre éclate, le nuage orageux, par son influence, fait sortir tous les corps placés au-dessous de lui, à la surface de la terre, de leur état naturel: il attire vers leur partie antérieure la matière électrique de nature contraire à la sienne, et repousse dans le sol celle de même nature. Chaque corps est ainsi dans un état d'intumescence électrique, et devient à son tour un centre d'attraction vers lequel la foudre tend à se porter, et c'est celui par lequel passe la résultante de ces attractions particulières qu'elle frappe lorsqu'elle tombe.

Or, pour que la matière électrique développée sur un corps par l'influence de celle du nuage orageux parvienne rapidement à son maximum, et par conséquent aussi sa force attractive, il est indispensable qu'il soit bon con-

ducteur, et en parfaite communication avec un sol humide.

La matière électrique développée dans les corps à la surface de la terre par l'influence du nuage orageux s'y accumule peu à peu, à mesure que le nuage s'approche de leur zénith, et diminue de même à mesure qu'il s'en éloigne. Un homme, supposé l'un de ces corps, n'éprouverait aucune sensation particulière de cette variation progressive de matière électrique, quoique pouvant être fortement électrisé; mais si le nuage se déchargeait instantanément, il pourrait recevoir, sans être frappé de la foudre, par la rentrée subite de sa matière électrique dans le sol, une très vive commotion, qui pourrait être assez forte pour le faire périr.

Dans le moment où un objet est prêt à être frappé de la foudre, il est si fortement électrisé par l'influence du nuage orageux, s'il est en parfaite communication avec un sol humide, que sa matière électrique peut s'élancer au devant de celle du nuage et faire une partie du chemin entre le nuage et l'objet.

C'est sans doute ce qui a fait penser à quelques personnes, qui croient en avoir fait l'observation, que la foudre, au lieu de tomber des cieux sur la terre, s'élève quelquefois de la terre dans les cieux. Quoi qu'il en soit de cette opinion, qui ne vaut pas d'ailleurs la peine d'être discutée, la théorie et l'efficacité des paratonnerres resteraient absolument les mêmes dans chaque cas.

Dans un paratonnerre en parfaite communication avec le sol, et terminé en une pointe très aiguë, au lieu d'être arrondie, la matière électrique peut s'accumuler tellement à sa pointe, sous l'influence du nuage orageux, qu'elle ne

puisse plus y être retenue par la pression de l'air, et qu'elle s'en échappe en un torrent continu, qui quelquefois devient sensible dans l'obscurité par une aigrette lumineuse à l'extrémité de la pointe, et qui doit certainement neutraliser en partie la matière électrique du nuage orageux (1).

Cependant l'attraction exercée sur la matière électrique du nuage par celle qui est répandue sur le paratonnerre terminé en pointe ne sera pas plus grande que s'il était arrondi à son extrémité; elle sera plutôt plus petite : mais si l'écoulement de la matière électrique par la pointe peut devenir très rapide, la foudre éclatera plutôt entre le nuage orageux et le paratonnerre, et d'une plus grande distance, que si celui-ci était arrondi à son extrémité ; c'est au moins à cette conclusion que conduisent les expériences électriques.

Ainsi la forme la plus avantageuse à donner aux paratonnerres paraît être évidemment celle d'un cône très aigu.

Toutes choses égales d'ailleurs, plus un paratonnerre s'élèvera dans l'air, plus son efficacité sera grande.

Dans les fameuses expériences de Romas, assesseur au présidial de Nerac, et dans les expériences plus récentes de Charles, qui consistaient à élever un cerf-volant sous

---

(1) Ces feux électriques se manifestent aussi sur d'autres corps que des paratonnerres. Ils paraissent plus fréquens en mer, sur les bâtimens, que sur terre, et y sont connus sous les noms de feux Saint-Elme, Castor et Pollux, etc. Pendant de très fortes tempêtes, on en a vu quelquefois à l'une des extrémités de la grande vergue, sous la forme d'une langue de feu qui pétillait beaucoup et qui faisait entendre de temps en temps des éclats comme des pétards.

un nuage orageux, à la hauteur de deux à trois cents mètres, la corde du cerf-volant dans laquelle était entrelacé un fil métallique, et qui était terminé par un cordon de soie, amenait à la surface de la terre un courant électrique si considérable qu'il en était effrayant, et qu'il eût été imprudent de s'y exposer. Or, l'action d'un paratonnerre sur la matière électrique d'un nuage orageux étant la même, à l'énergie près, que celle d'un cerf-volant, plus il s'élèvera dans l'air, plus son efficacité sera grande, non seulement pour défendre de la foudre les objets environnans, mais encore pour soutirer la matière électrique du nuage orageux et le paralyser.

La distance à laquelle un paratonnerre étend efficacement sa sphère d'action n'est pas connue exactement, et dépend d'ailleurs de beaucoup de circonstances qu'il serait difficile d'apprécier; mais, depuis qu'on en a armé des édifices, plusieurs observations ont appris que des parties de ces édifices qui se sont trouvées à une distance de la tige du paratonnerre de plus de trois à quatre fois sa longueur ont été foudroyées. On estime, et c'était l'opinion de Charles, qui s'était beaucoup occupé de cet objet, qu'un paratonnerre peut défendre efficacement autour de lui des atteintes de la foudre un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur, et c'est d'après cette règle qu'on dispose les paratonnerres sur les édifices.

Lorsque la matière électrique se porte d'un corps sur un autre, en passant par un conducteur suffisant, elle ne manifeste son passage par aucun signe apparent; mais lorsqu'elle traverse l'air ou tout autre corps non conducteur, elle sépare ses parties et les déchire : elle apparaît alors comme un trait lumineux, et fait entendre un bruit plus

ou moins considérable. Le vide qu'elle forme en écartant l'air ne se fermant pas avec une vitesse aussi grande que celle avec laquelle la matière électrique se meut, celle-ci a le temps d'abandonner les parties les plus éloignées des conducteurs pour venir se précipiter dans ce vide, qui est lui-même un conducteur, et de s'échapper. C'est par cette raison qu'un conducteur se décharge aussi bien à travers l'air, quand il y a étincelle, que par le contact instantané d'un conducteur en communication avec le sol.

Un courant de matière électrique, lumineux ou non, est toujours accompagné de chaleur, dont l'intensité dépend de celle du courant. Cette chaleur est suffisante pour rougir, fondre ou disperser un fil métallique convenablement mince : mais elle élève à peine la température d'une barre métallique, à cause de sa trop grande masse. C'est par la chaleur propre à un courant de matière électrique, et aussi par celle qui se dégage de l'air refoulé par la foudre, que celle-ci met si souvent le feu aux édifices.

On n'a pas encore d'exemple que la foudre ait fondu ou même fait rougir une barre de fer de 13 à 14 millimètres (6 lignes en carré) ou un cylindre de ce diamètre. Il suffirait donc pour construire un paratonnerre, de prendre une barre de fer qui aurait ces dimensions; mais sa tige devant s'élever dans l'air à une hauteur de 5 à 10 mètres (15 à 30 pieds), n'aurait pas à sa base une force suffisante pour résister à l'action du vent, et il est nécessaire de lui donner en cet endroit une épaisseur beaucoup plus considérable.

Quant au conducteur du paratonnerre, une barre de fer de 16 à 20 millimètres (7 à 9 lignes) en carré est suffisante. On pourrait même le faire plus petit et se servir

d'un simple fil métallique, pourvu qu'arrivé à la surface du sol on le réunît à une barre métallique de 10 à 15 millimètres (5 à 6 lignes) en carré, qui s'enfonçât dans l'eau ou dans une couche humide. Le fil, à la vérité, serait sûrement dispersé par la foudre; mais il lui aurait tracé sa direction jusque dans le sol et l'aurait empêchée de se porter sur les corps environnans. Au reste, il sera toujours préférable de donner au conducteur une grosseur suffisante pour que la foudre ne puisse jamais le détruire, et nous ne proposons de le réduire à un fil de métal que pour diminuer les frais de construction des paratonnerres et les mettre à portée de toutes les fortunes.

Le bruit que la foudre fait entendre cause ordinairement beaucoup d'effroi, et cependant tout danger est déjà passé; il n'en existe même plus pour une personne qui a vu l'éclair; car si elle devait être foudroyée, elle ne verrait ni n'entendrait le coup qui serait prêt à la frapper. Le bruit ne vient jamais qu'après l'éclair, et il s'écoule autant de secondes après l'apparition de l'éclair et le bruit qui le suit, qu'il y a de fois 340 mètres (1745 toises) entre le lieu où l'on est et celui où la foudre a éclaté.

La foudre tombe souvent sur les arbres isolés, parce que ceux-ci, s'élevant à une grande hauteur et enfonçant profondément leurs racines dans le sol, sont des véritables paratonnerres, mais leur abri est surtout fatal aux personnes qui le cherchent. Ils n'offrent pas en effet à la foudre un écoulement assez prompt dans le sol, et ils sont plus mauvais conducteurs que l'homme et les animaux (1).

(1) La preuve que la foudre ne trouve pas dans les arbres un écoulement suffisant dans le sol, c'est qu'elle les

La foudre, parvenue à leur pied, se partage entre les conducteurs qu'elle rencontre, ou en évite quelques uns, suivant qu'elle est pressée dans son écoulement ; et on l'a vue souvent faire périr tous les animaux réfugiés sous un arbre, et d'autres fois en frapper seulement un seul. L'eau est aussi un plus mauvais conducteur que les animaux, sans doute en raison des sels que renferment leurs liquides, et on peut foudroyer et faire périr des animaux qui y seraient entièrement plongés.

Un paratonnerre, pourvu qu'il soit en parfaite communication avec le sol, offre au contraire un abri très sûr contre la foudre ; car celle-ci ne l'abandonnera jamais pour se porter sur un homme placé à son pied ; cependant, dans la crainte de quelque solution de continuité ou d'une communication imparfaite avec un sol humide, il sera très prudent de s'en écarter.

Dans les campagnes et souvent même dans les villes, on sonne les cloches aux approches d'un orage, pour l'écarter, et fendre, dit-on, la nuée orageuse ; on cherche aussi un abri contre la foudre dans les églises et dans les clochers : mais cette habitude, comme le prouve l'expérience, a souvent les suites les plus funestes. Il est certain en effet, que le tonnerre tombe fréquemment aussi bien sur les clochers où l'on sonne que sur ceux où l'on ne sonne

---

brise ou les déchire presque toujours, ce qui n'arriverait pas s'ils étaient meilleurs conducteurs. Elle se glisse ordinairement entre l'écorce et l'aubier, parce que c'est là que se trouve le plus d'humidité et qu'elle rencontre en même temps moins de résistance.

pas (1); et, dans le premier cas, les sonneurs sont en danger d'être foudroyés, à cause des cordes qu'ils tiennent dans leurs mains, et qui peuvent conduire la foudre jusqu'à eux. Les églises n'offrent pas un abri beaucoup plus sûr que les clochers, soit parce que ceux-ci, après avoir attiré la foudre sur eux, en raison de leur élévation, sans pouvoir toujours la conduire dans le sol, laissent les églises exposées à son action, soit parce que des individus rassemblés forment un grand conducteur sur lequel la foudre se jette de préférence aux objets environnans. La prudence commande donc, tant que les clochers et les églises ne seront pas armés de paratonnerres, de ne point s'y rassembler pendant un orage; et pour citer une preuve frappante du danger qu'il y a à le faire, nous donnerons la relation des malheurs arrivés à Châteauneuf-les-Moustiers, le 11 juillet 1819, par l'effet du tonnerre, telle qu'elle a été communiquée à l'académie royale des sciences, par M. Trencaly, vicaire-général de Digne.

On sait que lorsque la foudre tombe sur un bâtiment, elle se porte de préférence sur les tuyaux de cheminée,

---

(1) Il paraît même que la foudre tombe plus fréquemment sur les clochers où l'on sonne que sur ceux où l'on ne sonne pas. En 1718, M. Deslandes fit savoir à l'académie royale des sciences que, la nuit du 14 au 15 avril de la même année, le tonnerre était tombé sur vingt-quatre églises, depuis Landerneau jusqu'à Saint-Pol-de-Léon, en Bretagne; que ces églises étaient précisément celles où l'on sonnait, et que la foudre avait épargné celles où l'on ne sonnait pas; que, dans celle de Gouesnou, qui fut entièrement ruinée, le tonnerre tua deux personnes des quatre qui sonnaient. (Histoire de l'académie royale des sciences, 1719.)

soit parce qu'ils en sont ordinairement les parties les plus élevées, soit parce qu'ils sont tapissés de suie, qui est un meilleur conducteur que le bois sec, la pierre ou la brique. Le voisinage d'une cheminée est par conséquent l'endroit le moins sûr, dans un appartement, contre les atteintes de la foudre; il est préférable de se tenir dans une encognure opposée aux croisées, loin des ferremens de toute espèce un peu considérables.

Les effets de la foudre sont des plus variés et des plus bizarres en apparence; mais néanmains ils s'expliquent tous facilement par quelques faits généraux qu'il sera utile de rassembler ici.

La foudre, ou, ce qui est la même chose, la matière électrique, en vertu de la répulsion de ses molécules, est douée d'une force mécanique qui peut lui faire vaincre la pression de l'air ou des liquides, et fendre ou briser les corps solides non conducteurs.

La foudre choisit toujours le meilleur conducteur; s'il lui offre un écoulement facile, comme, par exemple, une barre métallique, elle ne lui fera éprouver aucune altération sensible. Si le conducteur, tel qu'un fil métallique, n'a pas une capacité suffisante, elle le dissipe en vapeur, éclate dans l'air, et se crée un vide qui lui sert de conducteur. Si le corps frappé par la foudre n'est pas conducteur, ou ne l'est qu'imparfaitement, ou si enfin il oppose une résistance convenable à la séparation de ses parties, la foudre éclatera entre l'air et sa surface, qu'elle blessera plus ou moins profondément le long de son trajet. On voit ainsi souvent des individus foudroyés sans être tués, parce que la foudre glisse sur leur corps sans y pénétrer en totalité, et on en voit d'autres qui sont entièrement défendus

de ses atteintes par un vêtement de soie, qui l'isole de leur corps et l'empêche d'y pénétrer.

Quand la foudre éclate de l'air sur un métal, et réciproquement d'un métal dans l'air, elle détermine souvent la fusion du métal dans l'endroit par où elle y entre, et dans celui par lequel elle en sort, parce que, ramassée par l'air qui la presse, son action en devient plus énergique. C'est par cette raison qu'on observe quelquefois des traces de fusion sur les angles, les arêtes et même les faces d'un gros conducteur métallique, dans les endroits où il y a des solutions de continuité, et où elle éclate.

La foudre, après avoir suivi un conducteur qui vient à lui manquer, et qui pénètre dans un corps non conducteur, brise ordinairement ce dernier, et se fait un vide qui lui procure un écoulement facile. Ainsi les pièces métalliques scellées dans un mur tombent, privées par la foudre de leur support, et sont projetées par l'air en mouvement qui vient remplir le vide qu'elle laisse.

Lorsque des portions de conducteurs métalliques sont isolées les unes des autres par un milieu peu ou point conducteur, la foudre visite successivement toutes celles qui sont sur son chemin, et qui offrent le moins de résistance à son écoulement dans le sol, attirée successivement par chacunes d'elles. Invisible dans les portions métalliques, mais devenant visible en éclatant de l'une à l'autre, elle forme un trait lumineux, qui paraîtra continu si les solutions de continuité des conducteurs sont dans un rapport convenable avec leur longueur.

La foudre est toujours accompagnée de chaleur : elle rougit, fond et volatilise les conducteurs métalliques d'un petit diamètre; mais des barres de 12 à 20 millimètres

(5 à 9 lignes) de côté n'éprouvent rien de semblable. Il serait, par conséquent, imprudent de se servir de conducteurs très minces pour diriger la foudre à travers des milieux inflammables; il faut, au contraire, employer des conducteurs assez gros pour qu'ils ne puissent pas même s'échauffer sensiblement.

C'est par la chaleur qui est propre à la foudre, et par celle qu'elle dégage de l'air ou des corps qu'elle traverse, en les refoulant, qu'elle met le feu à toutes les matières ténues susceptibles d'une prompte inflammation, comme le foin, la paille, le coton, etc. Il est plus rare de la voir enflammer les matières compactes, telles que les bois, à moins qu'ils ne soient vermoulus, soit qu'elle les déchire, ou qu'elle glisse sur leur surface, parce que son action est trop instantanée. C'est ainsi qu'on peut concevoir que la foudre met le feu à des vêtemens légers, aux cheveux, sur un individu sur le corps duquel elle glisse, sans pourtant lui causer elle-même, très souvent, aucun sentiment de brûlure. C'est encore par une cause semblable qu'elle dissipe en vapeurs la dorure des lambris dorés sans les enflammer.

La foudre fait périr les animaux, soit en lésant les organes et le système vasculaire, soit en paralysant le système nerveux; leur putréfaction s'opère très promptement, mais de la même manière que celle de tous les animaux frappés d'une mort subite quelconque. L'acescence du lait et la corruption des chairs, plus promptes par des temps d'orage que par des temps ordinaires, paraissent dues, d'une part, à la température élevée qui règne alors, et de l'autre, aux courans de matière électrique auxquels

ces corps sont exposés, et qu'on sait être un agent puissant de décomposition.

PARTIE PRATIQUE.

DÉTAILS

RELATIFS A LA CONSTRUCTION DES PARATONNERRES.

Un paratonnerre est une barre métallique A B C D E F (*pl.* 1, *fig.* 1), s'élevant au-dessus d'un édifice, et descendant, sans aucune solution de continuité, jusque dans l'eau d'un puits ou dans un sol humide. On donne le nom de tige à sa partie verticale B A, qui se projette dans l'air au-dessus du toit, et celui de conducteur à la portion de la barre B C D E F, qui descend depuis le pied B de la tige jusque dans le sol.

De la tige.

La tige est une barre de fer carrée B A, amincie de sa base à son sommet, en forme de pyramide. Pour une hauteur de 7 à 9 mètres (21 à 27 pieds), qui est la hauteur moyenne des tiges qu'on place sur les grands édifices, on lui donne à sa base de 50 à 60 millimètres de côté (24 à 26 lignes) : on lui donnerait 63 millimètres (28 lignes) si elle devait s'élever à 10 mètres (30 pieds).

Le fer étant très exposé à se rouiller, par l'action de l'eau et de l'air, la pointe de la tige serait bientôt émoussée; pour obvier à cet inconvénient, on retranche de

l'extrémité de la tige A B (*fig.* 2) une longueur A H, d'environ 55 centimètres (20 pouces), et on la remplace par une tige conique de cuivre jaune, dorée à son extrémité, ou terminée par une petite aiguille de platine A G de 5 centimètres (2 pouces) de longueur. L'aiguille de platine est soudée, à la soudure d'argent, avec la tige de cuivre; et pour qu'elle ne puisse point s'en séparer, ce qui arriverait quelquefois malgré la soudure, on renforce l'ajustage par un petit manchon de cuivre, comme le montre la figure 3. La tige de cuivre se réunit à la tige de fer au moyen d'un goujon qui entre à vis dans toutes deux; il est d'abord fixé dans la tige de cuivre par deux goupilles à angle droit, et on le visse ensuite dans la tige de fer, dans laquelle il est aussi retenu par une goupille (*Voyez* C, *fig.* 4). On peut, sans aucune espèce d'inconvénient, ne point employer de platine et se contenter de la tige conique de cuivre, et même ne pas la dorer, si on n'en a pas la facilité sur les lieux. Le cuivre ne s'altère pas profondément à l'air; et en supposant que sa pointe s'émoussât légèrement, le paratonnerre ne perdrait pas pour cela son efficacité.

Une tige de paratonnerre, de la dimension supposée, étant d'un transport difficile, on la coupe en deux parties A I et I B (*fig.* 2) aux tiers ou aux deux cinquièmes environ de sa longueur à partir de sa base. La partie supérieure A D (*fig.* 4) s'emboîte exactement, par un tenon pyramidal D E, de 19 à 20 centimètres (7 à 8 pouces), dans la partie inférieure E B, et une goupille l'empêche de s'en séparer. On doit cependant, autant qu'on le pourra, ne faire la tige que d'une seule pièce, parce qu'elle en aura plus de solidité.

Au bas de la tige, à huit centimètres (3 pouces) du toit, est une embase M N (*fig.* 4) soudée au corps même de la tige; elle est destinée à rejeter l'eau de pluie qui coulerait le long de la tige, et à l'empêcher de s'infiltrer dans l'intérieur du bâtiment et de pourrir les bois de la toiture.

Immédiatement au-dessus de l'embase, la tige est arrondie, sur une étendue d'environ 5 centimètres (2 pouces), pour recevoir un collier brisé à charnière O, portant deux oreilles, entre lesquelles on serre l'extrémité du conducteur du paratonnerre, au moyen d'un boulon; on voit le plan de ce collier en P, au-dessous de la tige. Au lieu du collier, on peut faire un étrier carré qui embrasse étroitement la tige; on en voit la projection verticale en Q (*fig.* 5), et le plan en R (*fig.* 6), ainsi que la manière dont il se réunit avec le conducteur. Enfin, on peut encore, pour diminuer le travail, souder un tenon T (*fig.* 7) à la place du collier; mais il faut avoir soin de ne pas affaiblir la tige en cet endroit, qui est celui où elle doit opposer le plus de résistance, et le collier ou l'étrier sont préférables.

La tige du paratonnerre se fixe sur le toit des bâtimens, selon les localités. Si elle doit être posée au-dessus d'une ferme B (*fig.* 7 et 8), on perce le faîtage d'un trou dans lequel on fait passer son pied, et on l'assujettit contre le poinçon, au moyen de plusieurs brides, comme on le voit dans la figure. Cette disposition est très solide et doit être préférée lorsque les localités le permettent.

Lorsqu'on ne peut fixer la tige que sur le faîtage en A (*fig.* 8), on le perce d'un trou carré de mêmes dimensions que le pied de la tige; et par-dessus et en dessous,

on fixe, avec quatre boulons ou deux étriers boulonnés qui embrassent et serrent le faîtage, deux plaques de fer de 2 centimètres (9 lignes) d'épaisseur, portant chacune un trou correspondant à celui fait dans le bois. La tige s'appuie, par un petit collet, sur la plaque supérieure, contre laquelle on la presse fortement au moyen d'un écrou se vissant sur l'extrémité de la tige, contre la plaque inférieure; la figure 9 montre le plan d'une de ces plaques. Mais si on pouvait s'appuyer sur le lien C D (*fig.* 8), on souderait à la tige deux oreilles qui embrasseraient les faces supérieures et latérales du faîtage, et descendraient jusqu'au lien, sur lequel on les fixerait au moyen d'un boulon E.

Enfin, si le paratonnerre devait être placé sur une voûte, on le terminerait par trois ou quatre empatemens ou par des contreforts qu'on scellerait dans la pierre, comme d'ordinaire, avec du plomb.

Du conducteur du paratonnerre.

Le conducteur du paratonnerre est, comme on l'a dit, une barre de fer B C D E F (*fig.* 1) ou B' C' D' E' F', partant du pied de la tige et se rendant dans le sol. On lui donne de 15 à 20 millimètres (7 à 8 lignes) en carré; mais 15 millimètres (7 lignes) sont réellement suffisans. On la réunit solidement à la tige, en la pressant entre les deux oreilles du collier O (*fig.* 4), au moyen d'un boulon, ou bien on la termine par une fourchette (*fig.* 6), qui embrasse la queue N de l'étrier, et on boulonne les deux pièces ensemble.

Le conducteur ne pouvant être d'une seule pièce, on réunit plusieurs barres bout à bout pour le former. La

meilleure manière est celle représentée par la figure 10. Il est soutenu à 12 ou 15 centimètres (5 ou 6 pouces) parallèlement au toit, par des crampons à fourche, auxquels, pour empêcher l'infiltration de l'eau par leur pied dans le bâtiment, on donne la forme suivante :

Au lieu de se terminer en pointe, ils ont une patte (*fig.* 11 et 12) formée par une plaque mince de 25 centimètres de long sur 4 de large, à l'extrémité de laquelle s'élève la tige du crampon, en faisant avec la plaque ou un angle droit (*fig.* 11), ou un angle égal à celui que forme le toit avec la verticale (*fig.* 12). La patte se glisse entre les ardoises; mais, pour plus de solidité, on remplace, par une lame de plomb, l'ardoise sur laquelle elle reposerait, et on cloue ensemble, au-dessus d'un chevron, cette lame et la patte du crampon. Le conducteur est retenu dans chaque fourchette, par une goupille rivée, et les crampons sont placés à environ 3 mètres les uns des autres.

Le conducteur, après s'être replié sur la corniche du bâtiment (*fig.* 1), sans la toucher, s'applique contre le mur, le long duquel il doit descendre dans le sol, et se fixe au moyen de crampons que l'on fiche ou que l'on scelle dans la pierre. Arrivé en D ou en D' dans le sol, à 50 ou 55 centimètres (18 ou 20 pouces) au-dessous de sa surface, il se recourbe perpendiculairement au mur, suivant D E ou D' E', se prolonge dans cette nouvelle direction, l'espace de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds), et s'enfonce ensuite dans un puits E F, ou dans un trou E' F', fait dans la terre, de la profondeur de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds), si l'on ne rencontre pas l'eau, mais moins si on la rencontre plus tôt.

Le fer enfoncé dans le sol, en contact immédiat avec la terre et l'humidité, se couvre d'une rouille qui gagne peu à peu son centre, et finit par le détruire. On évite cette altération en faisant courir le conducteur dans un auget rempli de charbon D E ou D' E' qu'on a représenté plus en grand dans la figure 13. On construit l'auget de la manière suivante.

Après avoir fait une tranchée dans le sol, de 55 à 60 centimètres (20 à 22 pouces) de profondeur, on y pose un rang de briques à plat, sur le bord desquelles on en place d'autres de champ; on met une couche de *braise de boulanger* de l'épaisseur de 3 à 4 centimètres (1 à 1 pouce $\frac{1}{2}$) sur les briques du fond; on pose le conducteur D E par dessus; on achève de remplir l'auget de braise, et on le ferme par un rang de briques. La tuile, la pierre, ou le bois, peuvent également être employées pour former l'auget. On a l'expérience que le fer, ainsi enveloppé de charbon, n'éprouve aucune altération dans l'espace de trente années. Mais le charbon n'a pas seulement l'avantage d'empêcher le fer de se rouiller dans la terre; comme il conduit très bien la matière électrique, quand il a été rougi (et c'est pour cela que nous avons recommandé d'employer la braise de boulanger), il facilite l'écoulement de la foudre dans le sol.

Le conducteur, sortant de l'auget, dont on vient de parler, perce le mur du puits dans lequel il doit descendre, et s'immerge dans l'eau de manière à y rester plongé de 65 centimètres (2 pieds) au moins dans les plus basses eaux. Son extrémité se termine ordinairement par deux ou trois racines, pour faciliter l'écoulement de la matière électrique du conducteur dans l'eau. Si le puits est placé

dans l'intérieur du bâtiment, on perce le mur de ce dernier au-dessous du sol, et on dirigera, par l'ouverture qu'on aura faite, le conducteur dans le puits.

Lorsqu'on n'a pas de puits à sa disposition pour y faire descendre le conducteur du paratonnerre, on fait dans le sol, avec une tarière de 13 à 16 centimètres (5 à 6 pouces) de diamètre, un trou de 3 à 5 mètres (9 à 15 pieds) de profondeur; on y fait descendre le conducteur, en le tenant à égale distance de ses parois, et on remplit l'espace intermédiaire avec de la braise que l'on comprime autant que possible. Mais lorsqu'on voudra ne rien épargner pour établir un paratonnerre, nous conseillons de creuser un trou beaucoup plus large E' F' (*fig.* 1), au moins de 5 mètres de profondeur, à moins qu'on ne rencontre l'eau plus tôt; de terminer l'extrémité du conducteur par plusieurs racines, de les envelopper de charbon si elles ne plongent pas dans l'eau, et d'en entourer de même le conducteur au moyen d'un auget de bois que l'on en remplira.

Dans un terrain sec, comme par exemple dans un roc, on donnera à la tranchée qui doit recevoir le conducteur une longueur au moins double de celle qui a été indiquée pour un terrain ordinaire, et même davantage s'il était possible d'arriver jusqu'à un endroit humide. Si les localités ne permettent pas d'étendre la tranchée en longueur, on en fera d'autres transversales, comme on le voit en A (*fig.* 17 et 18), dans lesquelles on placera de petites barres de fer entourées de braise, que l'on fera communiquer avec le conducteur. Dans tous les cas, l'extrémité de ce dernier doit s'enfoncer dans un large trou, s'y diviser en plusieurs racines, et être recouverte de braise, ou de charbon qui aura rougi.

En général on doit faire les tranchées pour le conducteur dans l'endroit le plus humide autour du bâtiment, les placer par conséquent dans les lieux les plus bas, et diriger au-dessus les eaux pluviales, afin de les tenir dans un état plus constant d'humidité. On ne saurait trop prendre de précautions pour procurer à la foudre un prompt écoulement dans le sol; car c'est principalement de cette circonstance que dépend l'efficacité des paratonnerres.

Les barres de fer qui forment le conducteur, présentant, en raison de leur rigidité, quelque difficulté pour leur faire suivre les contours d'un bâtiment, on a imaginé de les remplacer par des cordes métalliques, qui, indépendamment de leur flexibilité ont encore l'avantage d'éviter les raccords, et de diminuer les chances de solution de continuité. On réunit quinze fils de fer pour faire un toron, et quatre de ces torons forment la corde, qui a alors de 16 à 18 millimètres (7 à 8 lignes) de diamètre. Pour prévenir sa destruction par l'air et l'humidité, chaque toron est goudronné séparément, et la corde l'est ensuite avec beaucoup de soin. On l'attache à la tige du paratonnerre de la même manière que le conducteur fait avec des barres de fer; c'est-à-dire qu'on la pince fortement au moyen d'un boulon entre les deux oreilles du collier B (*fig.* 15) qui sont un peu concaves et hérissées de quelques pointes pour mieux embrasser et retenir la corde. Les crampons qui la supportent sur le toit, au lieu d'être terminés en fourche, le sont par un anneau O (*fig.* 12), dans lequel passe la corde. Parvenue à 2 mètres (6 pieds) du sol, on la réunit à une barre de fer de 15 à 25 millimètres (6 à 9 lignes) en carré, qui termine le conducteur

comme on le voit en C (*fig.* 16), car dans le sol la corde serait promptement détruite. On assure que des cordes ainsi employées n'ont pas éprouvé d'altération sensible pendant l'espace de trente années. Néanmoins, comme il est incontestable que les barres de fer bien assemblées sont beaucoup moins destructibles, nous conseillons de leur donner la préférence, autant qu'on le pourra. Si les localités obligeaient à employer des cordes, on pourrait les faire en fils de cuivre ou de laiton, qui est beaucoup moins destructible, et qui étant aussi meilleur conducteur, permettrait de ne donner aux cordes que 16 millimètres (6 lignes) de diamètre. C'est surtout pour les clochers que les cordes métalliques peuvent être d'une grande utilité, à cause de la facilité de leur pose.

Si le bâtiment que l'on arme d'un paratonnerre renferme des pièces métalliques un peu considérables, comme des lames de plomb, qui recouvrent le faîtage et les arêtes du toit, des gouttières en métal, de longues barres de fer pour assurer la solidité de quelques parties du bâtiment, il sera nécessaire de les faire toutes communiquer avec le conducteur du paratonnerre; mais il suffira d'employer pour cet objet des barres de 8 millimètres (3 lignes) de côté, ou du fil de fer d'un égal diamètre. Si cette réunion n'avait pas lieu, et que le conducteur renfermât quelque solution de continuité, ou qu'il ne communiquât pas très librement avec le sol, il serait possible que la foudre se portât avec fracas du paratonnerre sur quelqu'une des parties métalliques. Plusieurs accidens ont eu lieu par cette cause.

Paratonnerres pour les églises.

Le paratonnerre dont on vient de donner les détails de

construction, et que l'on a pris pour type, est applicable à toute espèce de bâtiment, aux tours, aux dômes, aux clochers et aux églises, avec de très légères modifications.

Sur une tour, la tige du paratonnerre doit s'élever de 5 à 8 mètres (15 à 24 pieds) suivant l'étendue de sa plateforme; 5 mètres suffiront pour les plus petites, et 8 pour les plus grandes.

Les dômes et les clochers, dominant ordinairement de beaucoup les objets circonvoisins, un paratonnerre placé à leur sommet en tire un très grand avantage pour étendre son influence au loin, et n'a pas besoin, pour les protéger, de s'élever à la même hauteur que sur les édifices terminés par un toit très étendu. D'un autre côté, l'impossibilité d'établir solidement des tiges de 7 à 8 mètres (21 à 24 pieds) à leur sommet, sans des dépenses considérables, doit faire renoncer à en employer dans ces dimensions. Nous conseillons donc pour des dômes, et principalement des clochers, de n'employer que des tiges minces, s'élevant de 1 à 2 mètres (3 à 6 pieds) au-dessus des croix qui les terminent. Ces tiges étant alors très légères, il sera facile de les fixer solidement à la tête des croix, sans que la forme de ces dernières paraisse altérée de loin, et sans que le mouvement des girouettes qu'elles portent ordinairement en soit gêné.

Nous pensons même que, pour peu qu'on éprouve des difficultés à placer ces tiges sur un dôme, ou sur un clocher, on peut les supprimer entièrement. Il suffira, pour défendre ces édifices des atteintes de la foudre, d'établir, comme pour le cas où ils sont armés de tiges, une communication très intime entre le pied de chaque croix et le sol. Cette disposition, qui est très peu dispen-

dieuse, et qui offre également une très grande sûreté, sera surtout avantageuse pour les clochers des petites communes rurales. La figure 23 représente un clocher sans tige de paratonnerre, dont la croix est en communication avec le sol, au moyen d'un conducteur partant de son pied; et la figure 24 offre un clocher surmonté d'une tige attachée à sa croix.

Quant aux églises, lorsqu'elles ne seront pas protégées par le paratonnerre de leur clocher, il sera nécessaire de les armer avec des tiges de 5 à 8 mètres (15 à 24 pieds) de haut, semblable à celle qui a été décrite pour un édifice aplati.

Paratonnerres pour les magasins à poudre et les poudrières.

La construction des paratonnerres pour les magasins à poudre et les poudrières ne diffère pas essentiellement de celle qui a été décrite comme type pour toute espèce de bâtiment; on doit seulement redoubler d'attention pour éviter la plus légère solution de continuité, et ne rien épargner pour établir entre la tige du paratonnerre et le sol la communication la plus intime. Toute solution de continuité donnant, en effet, lieu à une étincelle, le pulvérin qui voltige et se dépose partout dans l'intérieur et même à l'extérieur de ces bâtimens serait enflammé, et pourrait propager son inflammation jusqu'à la poudre. C'est par ce motif qu'il serait très prudent de ne point placer des tiges sur les bâtimens mêmes, mais bien sur des mâts qui en seraient éloignés de 2 à 3 mètres (*fig.* 26). Il sera suffisant de donner aux tiges 2 mètres de longueur, mais on donnera aux mâts une hauteur telle,

qu'avec leur tige ils dominent les bâtimens au moins de 4 à 5 mètres. On fera aussi très bien de multiplier les paratonnerres plus qu'on ne le ferait partout ailleurs; car ici les accidens sont des plus funestes. Si le magasin était très élevé, comme, par exemple, une tour, les mâts seraient d'une construction difficile et dispendieuse pour leur donner de la solidité : on se contenterait, dans ce cas, d'armer le bâtiment d'un double conducteur (*fig.* 27), sans tige de paratonnerre, qu'on pourrait faire en cuivre. Ce conducteur n'étendant pas son influence au-delà du bâtiment, ne pourrait attirer la foudre de loin, et il aurait cependant l'avantage de garantir le bâtiment de ses atteintes s'il était frappé; de sorte que ceux-là même qui rejettent les paratonnerres parce qu'ils croient qu'ils déterminent la foudre à tomber sur un bâtiment qu'elle eût épargné sans eux, ne pourraient faire aucune objection fondée contre la disposition qui vient d'être indiquée. On pourrait armer d'une manière semblable un magasin ordinaire, ou tout autre bâtiment (*fig.* 28). A défaut de paratonnerres, des arbres élevés, disposés autour des bâtimens à 5 ou 6 mètres de leurs faces, les défendent efficacement de la chute de la foudre.

Paratonnerres pour les bâtimens de mer.

Pour un vaisseau (*fig.* 29), la tige du paratonnerre se réduit à la partie en cuivre AC (pl. I, *fig.* 4), qui a été décrite pour le paratonnerre type. Cette tige est vissée sur une verge de fer ronde CB (*fig.* 30), qui entre dans l'extrémité I de la flèche du mât de perroquet, et qui porte une girouette. Une barre de fer MQ, liée au pied de la

verge, descend le long de la flèche, et se termine par u crochet ou anneau Q, auquel s'attache le conducteu du paratonnerre, qui est ici une corde métallique; celle ci est maintenue de distance en distance à un cordage *g* (*fig.* 29); et après avoir passé dans un anneau *b* fixé a porte-hauban, elle se réunit à une barre ou plaque d métal qui communique avec le doublage en cuivre d vaisseau. Sur les bâtimens de peu de longueur, on n'éta blit ordinairement qu'un paratonnerre au grand mât; sur les autres, on en met un second au mât de misaine. La figure 29 peut représenter également l'un ou l'autre de ces deux mâts, sur lesquels les paratonnerres sont établis exactement de la même manière.

Disposition générale des paratonnerres sur un édifice.

On admet, d'après l'expérience, qu'une tige de paratonnerre protège efficacement contre la foudre autour d'elle un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur. Ainsi, d'après cette règle, un bâtiment de 20 mètres (60 pieds) en long ou en carré, n'aurait besoin pour être défendu, que d'une seule tige de 5 à 6 mètres (15 à 18 pieds) de hauteur, élevée sur le milieu de son toit (*fig.* 14 et 17). Dans la figure 17 le conducteur est une corde métallique.

Un bâtiment de 40 mètres (120 pieds), d'après la même règle, serait défendu par une tige de 10 mètres (30 pieds) et on en place effectivement de semblables; mais il serait préférable, au lieu d'une seule tige, d'en élever deux de 5 à 6 mètres (15 à 18 pieds) de hauteur, et de les disposer de manière que l'espace autour d'elles fût également

protégé de toutes parts, ce à quoi on parviendrait en les plaçant chacune à 10 mètres (30 pieds) de l'extrémité du bâtiment et par conséquent à 20 mètres (60 pieds) l'une de l'autre (*fig.* 18). Pour trois ou un plus grand nombre de paratonnerres, on suivrait la même règle.

Les paratonnerres des tours et des clochers, en raison de leur grande élévation, doivent certainement étendre leur sphère d'action plus loin que s'ils étaient moins élevés : mais cette action s'étend-elle, comme on l'a supposé pour des tiges de 5 à 10 mètres, à une distance double de la hauteur de leur pointe au-dessus des objets qu'ils dominent ? Il est possible qu'elle s'étende même plus loin ; mais l'expérience ne nous ayant encore rien appris à cet égard, il sera prudent d'armer les églises de paratonnerres, en admettant que ceux des clochers ne protègent efficacement autour d'eux qu'un rayon égal à leur hauteur au-dessus du faîtage de leur toit. Ainsi, le paratonnerre d'un clocher, s'élevant de 30 mètres au-dessus du toit d'une église, ne le défendrait plus à 30 mètres de l'axe du clocher ; et si le toit s'étendait au-delà, il serait nécessaire d'y placer des paratonnerres, d'après la règle que nous avons prescrite pour les édifices plus élevés (Voyez *fig.* 19 et 20).

Disposition générale des conducteurs des paratonnerres.

Quoique nous ayons déjà beaucoup insisté sur la condition d'établir une communication très intime entre la tige des paratonnerres et le sol, son importance nous détermine à la rappeler encore. Elle est telle, que, si elle n'était pas remplie, non seulement les paratonnerres

perdraient beaucoup de leur efficacité, mais que même ils pourraient devenir dangereux, en appelant la foudre sur eux, quoique dans l'impuissance de la conduire dans le sol. Les autres conditions dont il nous reste à parler sont sans doute moins essentielles que cette dernière, mais elles n'en méritent pas moins qu'on y ait égard.

L'on doit toujours faire parvenir la foudre depuis la tige des paratonnerres jusque dans le sol par la voie la plus courte.

Conformément à ce principe, lorsqu'on placera deux paratonnerres sur un édifice, et qu'on leur donnera un conducteur commun, ce qui est en effet suffisant, on fera concourir en un point sur le toit, à égale distance de chaque tige, les portions des conducteurs qui ne peuvent être communes; et à partir de ce point, une barre de fer, de la même dimension que pour un seul paratonnerre, servira de conducteur aux deux. (Voy. *fig.* 18 et 19.)

Lorsqu'on aura trois paratonnerres sur un édifice, il sera prudent de leur donner deux conducteurs (*fig.* 20). En général, chaque paire de paratonnerres exige un conducteur particulier.

Quel que soit le nombre des paratonnerres placés sur un édifice, on les rendra tous solidaires, en établissant une communication intime entre les pieds de toutes leurs tiges, au moyen de barres de fer de même dimension que celles des conducteurs. (*Fig.* 20, 21 et 22.)

Lorsque les localités le permettront, on placera les conducteurs sur les murs des bâtimens qui font face au côté d'où viennent le plus fréquemment les orages dans chaque lieu. En effet ces murs étant exposés à être mouillés par la pluie, deviennent des conducteurs, quoique

imparfaits, en raison de la mince nappe d'eau qui les couvre; et si le conducteur du paratonnerre n'était pas en comunication intime avec le sol, il serait possible que la foudre l'abandonnât pour se précipiter sur la face mouillée. Un autre motif encore, c'est que la direction de la foudre peut être déterminée par celle de la pluie, et qu'en outre la face mouillée peut, comme conducteur, appeler la foudre de préférence au paratonnerre. C'est surtout pour les clochers que cette observation est importante, et qu'il est nécessaire d'y avoir égard.

Observations sur l'efficacité des paratonnerres.

Une expérience de cinquante années, sur l'efficacité des paratonnerres, démontre que, lorsqu'ils ont été construits avec les soins convenables, ils garantissent de la foudre les édifices sur lesquels ils sont placés. Dans les États-Unis d'Amérique, où les orages sont beaucoup plus fréquens et plus redoutables qu'en Europe, leur usage est devenu populaire; un très grand nombre de bâtimens ont été foudroyés, et l'on en cite à peine deux qu'ils n'aient pas mis entièrement à l'abri des atteintes de la foudre. Tout le monde sait que les parties métalliques sur un édifice sont frappées de préférence par la foudre, et ce fait seul démontre l'efficacité des paratonnerres, qui ne sont que des barres métalliques disposées de la manière la plus avantageuse, d'après les connaissances acquises sur la matière électrique par la théorie et l'expérience. La crainte d'une chute plus fréquente de la foudre sur les édifices armés de paratonnerres n'est pas fondée, car leur influence s'étend à une trop petite distance pour

qu'on puisse croire qu'ils déterminent la foudre d'un nuage à se précipiter dans le lieu où ils sont établis. Il paraît au contraire certain, d'après l'observation, que les édifices armés de paratonnerres, ne sont pas foudroyés plus fréquemment qu'avant qu'ils ne le fussent. D'ailleurs la propriété d'un paratonnerre d'attirer plus fréquemment la foudre, supposerait aussi celle de la transmettre librement dans le sol, et dès lors il ne pourrait en résulter aucun inconvénient pour la sûreté des édifices.

Nous avons recommandé l'usage des pointes aiguës pour les paratonnerres, parce qu'elles ont l'avantage sur les barres arrondies à leur extrémité, de verser continuellement dans l'air, sous l'influence du nuage orageux, un torrent de matière électrique de nature contraire à la sienne, qui doit très probablement se diriger vers celle du nuage, et en partie la neutraliser. Cet avantage n'est point du tout à négliger : car il suffit de connaître le pouvoir des pointes, et les expériences de Charles et de Romas, avec un cerf-volant sous un nuage orageux, pour rester convaincu que les paratonnerres en pointe, s'ils étaient plus multipliés et placés sur des lieux élevés, diminueraient réellement la matière électrique des nuages et la fréquence des chutes de la foudre sur la surface de la terre.

Cependant, lorsque la pointe d'un paratonnerre aura été émoussée par la foudre, ou par une cause quelconque, il ne faudra pas croire, parce qu'elle aura perdu l'avantage dont on vient de parler, qu'elle ait aussi perdu son efficacité pour protéger le bâtiment qu'elle est destinée à défendre. Le docteur Rittenhouse rapporte qu'ayant souvent examiné et passé en revue, avec un excellent téles-

cope de réflexion, les pointes des paratonnerres de Philadelphie, où ils sont en grand nombre, il en a vu beaucoup dont les pointes étaient fondues; mais qu'il n'a jamais appris que les maisons où ces paratonnerres étaient établis, eussent été frappées de la foudre depuis la fusion de leurs pointes. Or, cela n'aurait pas manqué d'arriver à quelques unes, au moins au bout d'un certain temps, si leurs paratonnerres n'avaient pas continué de bien faire leur fonction; car on sait par nombre d'observations, que, lorsque le tonnerre est tombé en quelque endroit, il n'est pas rare de l'y voir retomber encore.

(*Extrait des Annales de Chimie et Physique.*)

FIN.

TABLE

DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

Pages.

Introduction. 1

CHAPITRE II.

Esquisse historique. 5

CHAPITRE III.

Phénomènes météorologiques dépendans de l'électricité atmosphérique. — Divers états électriques de l'atmosphère. — Électroscopes aériens. 25

CHAPITRE IV.

Chaleur et humidité; leur rapport avec l'électricité aérienne. — Colonne électrique de Deluc. — Son application à la chronométrie. — Carillon électrique de Canton. 31

CHAPITRE V.

Identité de la foudre avec l'électricité. — Phénomènes météoriques. — Bolides. — Feu Saint-Elme.

Pages.

Aurore boréale. — Pierres météoriques. — Électricité des volcans. 38

CHAPITRE VI.

Phénomène de la végétation. — Théorie de Dutrochet. — Électricité animale. — Ascension de l'araignée. 73

CHAPITRE VII.

Inégale distribution de la température. — La forme météorologique des nuages dépend de leur caractère électrique. — Rosée. — Pluie. — Grêle. 97

CHAPITRE VIII.

Description d'un orage.—Moyens personnels d'éviter le danger. — Effets de la foudre. — Paralytique guéri. — Magnétisme communiqué. — Effets bienfaisans de l'orage. 118

CHAPITRE IX.

Des paratonnerres. — Leur disposition sur les édifices et sur les vaisseaux en mer. — Des paragrêles. — Leur influence sur le nuage orageux. — Leur utilité. — Changement de climat. 135

NOTES.

Note I. Sur les volcans. 179
Note II. Tremblement de terre de Lisbonne. 183
Note III. Sur les fontaines végétales. 188
Note IV. Sur les gymnotes. 189

NOTE V. Sur la rosée.
NOTE VI. Sur la lumière électrique.
NOTE VII. Sur la grêle.
NOTE VIII. Sur l'hépialé.
INSTRUCTION sur les paratonnerres.

FIN DE LA TABLE.

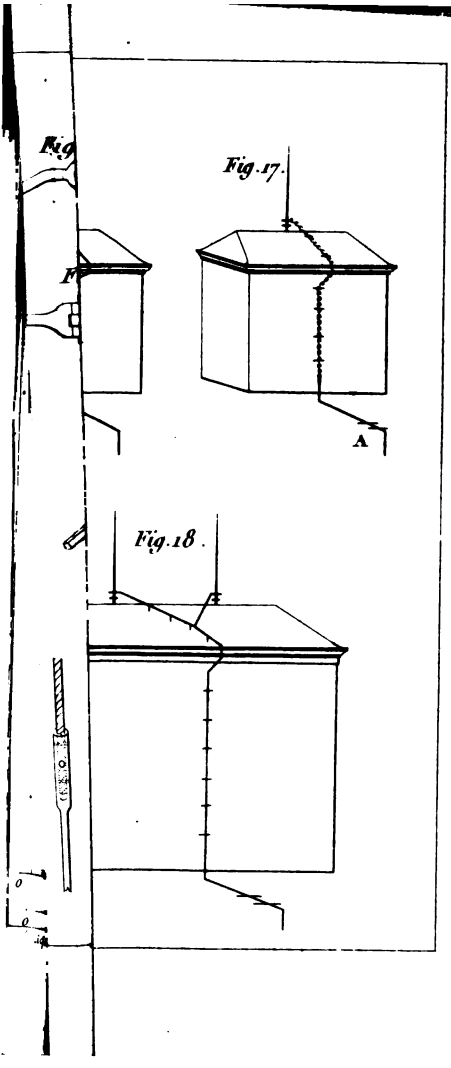
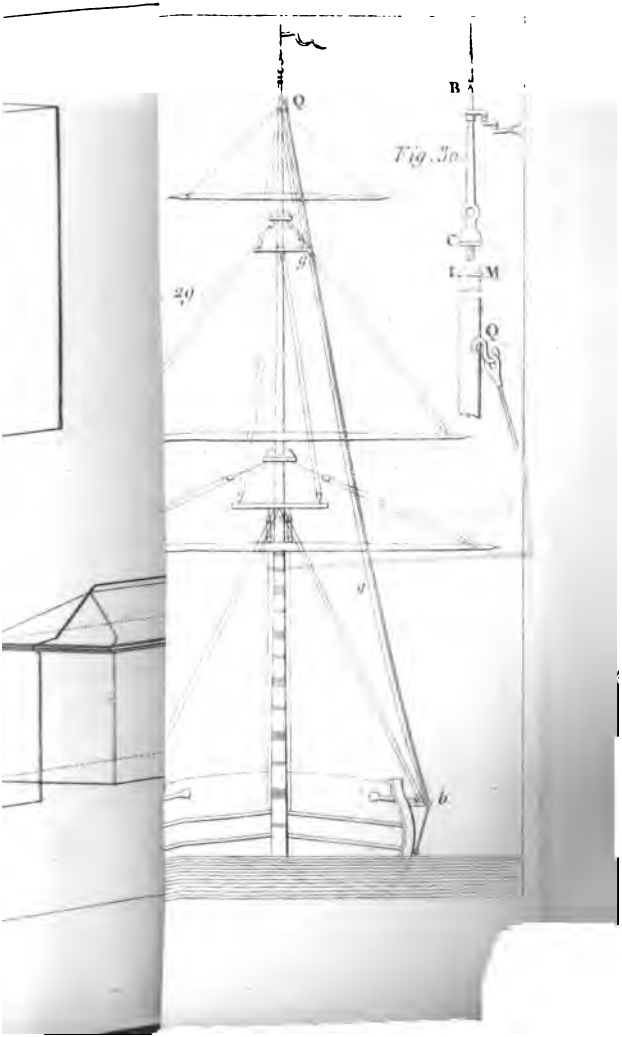


Fig.17.
A
Fig.18.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L


B
Q
Fig. 3a.
M
Q
a
b

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L